



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL PROCESO DE EMPACADO DE BALDOSA PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL – ESPOCH”

**JUAN MANUEL GAMARRA PINDUISACA
SANTIAGO LEONEL ZURITA MANTILLA**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-11-18

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

JUAN MANUEL GAMARRA PINDUISACA

Titulada:

**“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO
PARA EL PROCESO DE EMPACADO DE BALDOSA PARA LA ESCUELA DE
INGENIERÍA. INDUSTRIAL – ESPOCH”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jhonny Orozco Ramos
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Elvis Enrique Argüello
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-11-18

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

SANTIAGO LEONEL ZURITA MANTILLA

Titulada:

**“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO
PARA EL PROCESO DE EMPACADO DE BALDOSA PARA LA ESCUELA DE
INGENIERÍA. INDUSTRIAL – ESPOCH”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jhonny Orozco Ramos
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Elvis Enrique Argüello
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JUAN MANUEL GAMARRA PINDUISACA

TÍTULO DE LA TESIS: “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL PROCESO DE EMPACADO DE BALDOSA PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA. INDUSTRIAL– ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2014-10-28

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Elvis Argüello ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán Mariño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: SANTIAGO LEONEL ZURITA MANTILLA

TÍTULO DE LA TESIS: “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL PROCESO DE EMPACADO DE BALDOSAS PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA. INDUSTRIAL– ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2014-10-28

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Elvis Argüello ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán Mariño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Juan Manuel Gamarra Pinduisaca

Santiago Leonel Zurita Mantilla

DEDICATORIA

En el siguiente trabajo quiero hacer un especial reconocimiento a quienes con apoyo, paciencia, tiempo y motivación me supieron guiar para cumplir un reto más en mi vida, ya que sin ellos jamás lo hubiese logrado.

Se lo dedico a Dios por darme salud y vida, a mis padres Manuel Gamarra y María Pinduisaca, por haberme inculcado valores como el respeto, lealtad, paciencia a mis hermanos y hermanas que siempre ha estado a mi lado y me han brindado su apoyo incondicional en todo momento

Juan Manuel Gamarra Pinduisaca

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar el sacrificio que día a día hace por sus hijos.

A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mi tía Mariana, a quien quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento. Porque sin ellos no hubiera logrado esta meta.

Santiago Leonel Zurita Mantilla

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño comprensión y confianza para ver culminada una etapa más de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de obtener una profesión, y ser una persona útil a la sociedad.

Al Ing. Jhonny Orozco e Ing. Elvis Argüello, por brindarme su amistad y asesoramiento en la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se logró elaborar el presente documento.

Juan Manuel Gamarra Pinduisaca

A Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño comprensión y confianza para ver culminada una etapa más de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por brindarme la oportunidad de conseguir mi meta, ser un profesional.

Al Ing. Jhonny Orozco e Ing. Elvis Argüello, por brindarme su amistad y asesoramiento en la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se logró elaborar el presente documento.

Santiago Leonel Zurita Mantilla

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Marco conceptual.....	3
2.2 Marco teórico.....	3
2.2.1 <i>El PLC (Controlador lógico programable)</i>	3
2.2.2 <i>Importancia de la automatización</i>	4
2.2.3 <i>Variables del Sistema</i>	5
2.2.4 <i>Ventajas y desventajas de los PLC</i>	5
2.3 Criterios para seleccionar un PLC.....	6
2.4 Principio de funcionamiento de los motores.....	6
2.4.1 <i>Partes de un motor eléctrico</i>	6
2.5 Sensor.....	10
2.5.1 <i>Sensor capacitivo</i>	10
2.6 Circuitos eléctricos.....	11
2.7 Parámetros de circuito eléctrico.....	12
2.7.1 <i>Voltaje</i>	12
2.7.2 <i>Corriente</i>	12
2.7.3 <i>Arranque</i>	12
2.7.4 <i>Potencia eléctrica</i>	13
2.7.5 <i>Mantenimiento de los dispositivos de arranque</i>	13
2.8 Electroneumática.....	13
2.8.1 <i>Elementos de la Electroneumática</i>	13
3. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS	
3.1 Diseño del módulo didáctico.....	14
3.1.1 <i>Factores que influyen en la construcción del módulo didáctico</i>	14
3.1.2 <i>Análisis de la estructura</i>	15
3.1.3 <i>Diseño del transportador</i>	18
3.1.4 <i>Selección del reductor de velocidades</i>	24
3.1.5 <i>Selección de las poleas</i>	25
3.1.6 <i>Selección de correas</i>	27
3.2 Diseño del circuito electroneumático.....	27
3.2.1 <i>Selección de ventosa</i>	28
3.2.2 <i>Selección de generador de vacío</i>	35
3.2.3 <i>Selección de cilindros neumáticos</i>	35
3.2.4 <i>Selección de electroválvula</i>	46

3.2.5	<i>Válvula estranguladora de caudal.....</i>	48
3.2.6	<i>Unidad de mantenimiento (FRL).....</i>	49
3.2.7	<i>Selección de filtros y accesorio.....</i>	49
3.2.8	<i>Selección de elementos eléctricos para el control del módulo didáctico.....</i>	51
3.2.8.1	<i>Selección de pulsadores.....</i>	51
3.2.8.2	<i>Selección de sensores.....</i>	52
3.3	<i>Diseño de los circuitos de control y potencia.....</i>	53
3.3.1	<i>Motor.....</i>	53
3.3.1.2	<i>Selección del motor eléctrico.....</i>	53
3.3.2	<i>Diagrama del circuito de control.....</i>	55
3.3.2.1	<i>Selección de relés.....</i>	55
3.3.2.1	<i>Selección de luces piloto.....</i>	56
3.3.3	<i>Diagrama del circuito de potencia.....</i>	57
3.3.3.1	<i>Selección de braker.....</i>	57
3.3.3.2	<i>Selección del guardamotor.....</i>	58
3.4	<i>Selección del PLC (Controlador Lógico Programable).....</i>	59
3.5	<i>Construcción y montaje del módulo didáctico.....</i>	60
3.5.1	<i>Construcción de la estructura.....</i>	60
3.5.2	<i>Construcción de las bandas transportadoras.....</i>	61
3.5.3	<i>Construcción de las estructuras y montaje del sistema de transmisión.....</i>	62
3.5.4	<i>Formación del brazo neumático.....</i>	62
3.5.5	<i>Montaje del módulo didáctico.....</i>	63
3.5.6	<i>Construcción del panel de control:.....</i>	64
3.6	<i>Programación en el PLC.....</i>	64
3.6.1	<i>Circuito LADDER.....</i>	64
3.7	<i>Diagramas de instalación.....</i>	71
3.7.1	<i>Diagrama de instalación del PLC.....</i>	71
3.7.2	<i>Diagrama de instalación de electroválvulas.....</i>	71
3.7.3	<i>Diagrama de instalación de sensor capacitivo.....</i>	72
3.7.4	<i>Diagrama de instalación de relés encapsulados.....</i>	72
3.7.5	<i>Diagrama de instalación de guardamotores.....</i>	73
3.7.6	<i>Diagrama de instalación de motores.....</i>	74
3.7.7	<i>Diagrama de instalación de porta fusibles.....</i>	75
3.8	<i>Comunicación entre el PLC y ordenador.....</i>	75
3.9	<i>Pruebas y puestas a punto del módulo.....</i>	76
4.	MANUAL DE OPERACIÓN, DE MANTENIMIENTO Y GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO	
4.1	<i>Interfaz ordenador-PLC.....</i>	77
4.2	<i>Manual de operación.....</i>	80
4.2.1	<i>Indicaciones para su utilización.....</i>	80
4.2.2	<i>Descripción del proceso.....</i>	82
4.2.3	<i>Asignación de entradas y salidas.....</i>	83
4.3	<i>Guía práctica de aplicación.....</i>	84
4.4	<i>Manual de mantenimiento.....</i>	89
4.4.1	<i>Justificación.....</i>	89
4.4.2	<i>Objetivos.....</i>	89

4.4.3	<i>Introducción.....</i>	89
4.4.4	<i>Partes de la empacadora de baldosas.....</i>	89
4.4.5	<i>Elaboración de fichas técnicas.....</i>	90
4.4.6	<i>Mantenimiento a realizar.....</i>	91

5. COSTOS

5.1	Costos directos.....	102
5.1.1	<i>Costos mecánicos.....</i>	102
5.1.2	<i>Costos neumáticos.....</i>	103
5.1.3	<i>Costos eléctricos.....</i>	103
5.1.4	<i>Costos por maquinaria y transporte.....</i>	104
5.1.5	<i>Costos directos totales.....</i>	104
5.2	Costos indirectos.....	104
5.3	Costos totales.....	104

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones.....	105
6.2	Recomendaciones.....	105

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Selección del tipo de transportador.....	18
2 Anchos de banda.....	18
3 Diámetro de rodillos.....	19
4 Tipo de banda.....	23
5 Valores de espesores.....	23
6 Capacidad de aspiración.....	35
7 Caudal de aspiración.....	35
8 Parámetros técnicos de válvula 5/3.....	46
9 Paramentos técnicos de la válvula 5/2.....	47
10 Parámetros técnicos de la válvula de paso.....	48
11 Parámetros técnicos válvula estranguladora.....	48
12 Entradas y salidas del proceso.....	59
13 Asignación de variables.....	83
14 Asignación de entradas y salidas.....	90
15 Ficha técnica.....	91
16 Frecuencia de mantenimiento.....	92
17 Descripción de tareas.....	93
18 Descripción de tarea.....	94
19 Mantenimiento de PLC.....	95
20 Inspección de chumacera.....	96
21 Mantenimiento de sin-fin corona.....	96
22 Cambio de chumacera.....	97
23 Inspección de poleas y bandas.....	98
24 Inspección de bandas transportadoras.....	99
25 Mantenimiento FRL.....	100
26 Frecuencia de inspección de ventosa.....	100
27 Inspección de electroválvulas.....	101
28 Tiempo de vida útil.....	101
29 Costos mecánicos.....	103
30 Costos neumáticos.....	103
31 Costos eléctricos.....	103
32 Costos de maquinaria.....	104
33 Costos de transporte de material.....	104
34 Costos totales.....	104
35 Costos indirectos.....	104
36 Costos totales.....	104

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Esquema de un PLC.....	4
2 Partes de un motor eléctrico.....	7
3 Estator.....	7
4 Tipos de rotores.....	8
5 Partes del rotor.....	8
6 Bases del motor.....	9
7 Caja de conexiones en el motor.....	9
8 Placa del motor.....	10
9 Sensores.....	10
10 Circuitos de control.....	11
11 Elementos de un circuito eléctrico.....	12
12 Circuito electroneumático.....	13
13 Bosquejo de módulo didáctico.....	14
14 Esquema de la estructura.....	15
15 Estudio estático.....	16
16 Estudio ergonómico.....	16
17 Configuración de banda transportadora.....	19
18 Diagrama de cuerpo libre.....	19
19 Factor de fricción debido a longitud de banda.....	20
20 Factor de fracción debido a las chumaceras.....	20
21 Chumacera.....	23
22 Rodamientos SKF.....	24
23 Reductor de velocidades sinfín corona.....	24
24 Circuito electroneumático.....	27
25 Ventosa con fuelle.....	28
26 Ventosa ovalada.....	28
27 Ventosa plana.....	29
28 Curva de Vacío en función de la presión de trabajo.....	29
29 Equilibrio de fuerzas.....	30
30 Selección de ventosas.....	31
31 Equilibrio de fuerzas.....	33
32 Selección de ventosas.....	34
33 Ventosa plana.....	34
34 Generador de vacío.....	35
35 Cilindro de doble efecto.....	36
36 Cilindro y generador de vacío.....	36
37 Selección de cilindros.....	39
38 Selección de cilindros.....	43
39 Cilindro de doble efecto.....	43
40 Mecanismo biela-manivela.....	45
41 Electroválvula 5/3 biestable.....	47

42	Electroválvula 5/2 biestable.....	47
43	Electroválvula de paso.....	48
44	Válvula estranguladora.....	48
45	FRL.....	49
46	Filtros.....	49
47	Filtro regulador de caudal.....	49
48	Racores EPC6-03.....	50
49	Unión TEPE 1/8”.....	50
50	Unión Codo EPV1/8”.....	50
51	Manguera.....	50
52	Pulsador ON.....	51
53	Pulsador OFF.....	51
54	Pulsador de emergencia.....	52
55	Sensor capacitivo de proximidad.....	52
56	Motor eléctrico.....	53
57	Selección del motor.....	54
58	Diagrama del circuito de control.....	55
59	Relé encapsulado NJX-13FW.....	56
60	Características del relé NJX-13FW.....	56
61	Luz piloto verde.....	56
62	Circuito de potencia.....	57
63	Braker.....	58
64	Selección de guardamotor.....	58
65	Guardamotor.....	58
66	Circuito electroneumático.....	59
67	Esquema del PLC.....	60
68	Estructura.....	61
69	Bandas transportadora.....	61
70	Soporte del sistema de transmisión.....	62
71	Brazo neumático.....	63
72	Ensamble total.....	63
73	Panel de control.....	64
74	Diagrama LADDER.....	64
75	Circuito de conexión al PLC.....	70
76	Asignación de variables en el PLC.....	71
77	Instalación del PLC.....	71
78	Diagrama de instalación de electroválvulas.....	72
79	Diagrama de instalación de sensor de proximidad.....	72
80	Diagrama de instalación de relé encapsulado.....	73
81	Diagrama de instalación de guardamotor.....	73
82	Diagrama de instalación de motor.....	74
83	Conexión de motor a PLC.....	74
84	Diagrama de instalación de fusible.....	75
85	Comunicación entre PLC y ordenador.....	75
86	Selección de archivo.....	77
87	Selección de vista del proyecto.....	77

88	Abrir circuito LADDER.....	78
89	Cargar dispositivo.....	78
90	Interfaz PLC-ordenador.....	79
91	Cargar de la programación.....	79
92	Estructura PLC-máquina.....	87
93	Diagrama de conexión.....	88

SIMBOLOGÍA

L	Distancia entre centros	m
B	Ancho de la banda	m
F1	Esfuerzo necesario para mover la banda sin carga	N
F2	Esfuerzo necesario para mover la banda con carga	N
v	Velocidad	m/s
F	Esfuerzo total	N
P	Potencia requerida para el accionamiento	W
	Velocidad angular	rad/s
P	Presión	Pa
V	Consumo de Aire	mm ³ /h
W	Peso	N
m	Masa	kg
A	Área	m ²
a	Aceleración	m/s ²
g	Gravedad	m/s ²
D	Diámetro del cilindro	cm
F _t	Fuerza teórica	N
F _e	Fuerza efectiva	N
F _r	Fuerza de rozamiento	N
m _t	Masa total a vencer	kg
d	Diámetro del vástago	cm
D1	Diámetro de la polea 1	in
D4	Diámetro de la polea 4	in
p	Presión	Pa
p _{atm}	Presión Atmosférica	Pa

LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Controlador lógico programable
VAC	Voltios de corriente alterna
VDC	Voltios de corriente directa
FEM	Fuerza electromotriz
Bar	Bares de presión
RPM	Revoluciones por minuto
n	Número de revoluciones
I	Entradas al PLC
Q	Salidas del PLC
HP	Caballos de fuerza
FRL	Filtro regulador lubricador o unidad de mantenimiento
Pa	Pascales
l	Litros
N	Newton
in	Pulgadas
p _{atm}	Presión atmosférica
Rc	Relación de compresión

LISTA DE ANEXOS

- A Diagrama de procesos de empacado de baldosas
- B Tipo de carcasa transportadora KAUMAN
- C Tensiones sobre la banda transportadora
- D Diagrama de movimientos de los cilindros
- E Construcción del módulo didáctico

RESUMEN

Se realizó la construcción e implementación de un módulo didáctico de empacado de baldosas para la escuela de Ingeniería Industrial-ESPOCH, con la finalidad de desarrollar conocimiento, destreza y habilidad técnica en la automatización de procesos industriales.

Con el propósito de determinar los elementos mecánicos, neumáticos y eléctricos requeridos para el módulo del proceso de empacado se realizó un bosquejo electroneumático, equipo que está constituido por: bandas transportadoras, sistemas de transmisión, brazo neumático, sensores capacitivos, generador de vacío, ventosa y un PLC. El estudio de cargas estáticas permitió conocer valores del peso que soportará la estructura. Durante el ensamble se verificó la correcta alineación y el ajuste de piezas y componentes para proceder a la programación e interfaz del PLC. Fue necesario realizar pruebas de funcionamiento y regulaciones para la óptima sincronización y consecución de los objetivos esperados del equipo.

El módulo didáctico de proceso de empacado de baldosas tiene una capacidad de carga de 5kg/min, puede ser adaptada para que cumpla distintas operaciones como: control de calidad, con lo cual estaría apta para ser aplicada a la industria contribuyendo al mejoramiento de procesos para dinamizar la matriz productiva del país. Se recomienda operar el equipo previo utilización del manual de operación y darle mantenimiento para alargar el funcionamiento de los componentes del mismo.

ABSTRACT

The construction and implementation of a Tile Packing Didactic Module for the Industrial Engineering School of ESPOCH were carried out in order to develop the knowledge, skills and technical abilities in the industrial processes automation.

In order to determine the mechanical, pneumatic and electrical elements required for the module of packaging processes, it was necessary to carry out an electro pneumatic outline; this system is made up of conveyor belts, transmission systems, pneumatic arm, capacitive sensors, vacuum generator, suction cup, and a PLC (Programmable Logic controller).

The static charge study allowed knowing the weight values the structure will support. During the assembly, it was lined up and the parts and components were adjusted to continue with the programming and interface of the PLC. It was necessary to carry out working tests and adjustments for the optimum synchronization and goals achievement expected with the implementation of the equipment.

The didactic module for the tilt packing process has a load capacity of 5kg per minute, and it can be adapted for the quality control. Therefore, it might be applied in industries to improve the processes and stimulate the production of the country. It is recommended to check the manual before operating the equipment and maintaining it for its components to long-last.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La industria se desarrolló gracias a la invención de la máquina de vapor, el cual era un dispositivo que convertía, la energía producido por el vapor de agua, en energía mecánica. Esta máquina a vapor maximizó la producción, pero al suceder esto, los procesos eran demasiados peligrosos para las personas, con lo que al pasar el tiempo se fueron desarrollando leyes para la protección de los trabajadores, cual obligó a crear nuevas tecnologías que iban remplazando actividades peligrosa para las personas.

Un ejemplo claro de este tipo de tecnología es el control de procesos de forma cableada por medio de contactares y relés, los cuales requerían un amplio espacio para ubicarlas y operarios con altos conocimientos para poderlos operar, por ello representaban un gran costo para el mantenimiento.

Por ello, la evolución de la industria ha permitido el control de procesos, remplazando las instalaciones de forma cableada, con los PLC, que son dispositivos electrónicos que sustituyen circuitos de mando por sistemas automáticos, sus características de diseño permiten satisfacer los requerimientos de la industria como son los procesos de fabricación industriales de cualquier tipo, y además no requiere de mucho espacio físico para su instalación.

Por ser una tecnología limpia y muy rentable, garantiza la calidad, por lo que nos ha llevado a realizar este prototipo que permite realizar el proceso de empacado de baldosas por ser una solución para los trabajadores que realizan trabajos repetitivos durante mucho tiempo, porque con el pasar del tiempo podría generar una enfermedad profesional, lo que a su vez causara daños en la salud de los trabajadores que realizan esta operación.

1.2 Justificación

La producción de baldosas en el Ecuador representa una parte importante en la generación de empleo en nuestro país, y viendo la necesidad que tienen los estudiantes de la Escuela Ingeniería Industrial, de contar con módulos didácticos para que se familiaricen con estos tipos de tecnología, se desarrolló este proyecto que tiene como objetivo construir e implementar un módulo didáctico para el empackado de baldosas controlado con un PLC.

En los momentos actuales para lograr desarrollar la industria ecuatoriana, hay que generar un cambio de mentalidad para sustituir los procesos manuales por sistemas automatizados, lo cual garantizan: maximizar la producción, mejorar la calidad, seguridad de los empleados, reduce impactos ambientales, genera utilidades en la industria contribuyendo con el cambio de la matriz productiva del país.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Construir e implementar un módulo didáctico para el proceso de empackado de baldosas para la Escuela de Ingeniería Industrial- ESPOCH.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Realizar la selección de los elementos mecánicos, neumáticos, eléctricos para la elaboración del módulo didáctico.

Elaborar la secuencia de programación e instalación en el PLC (Controlador Lógico Programable) para el módulo didáctico.

Desarrollar el manual de operación, y mantenimiento para el módulo didáctico.

Instalar el módulo didáctico para el equipamiento del laboratorio de automatización de procesos

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

Automatización. Es la parte de la ingeniería que permite desarrollar distintos procesos, actividades a través de elementos electrónicos, y ayudan a controlar los mismos.

Módulo didáctico. Está construido con elementos necesario para que los estudiantes puedan practicar y desarrollar sus conocimientos con mayor facilidad.

Retroalimentación. Propiedad por la cual se compara la señal de salida con la entrada al sistema de modo que se establezca una función entre ambas.

2.2 Marco teórico

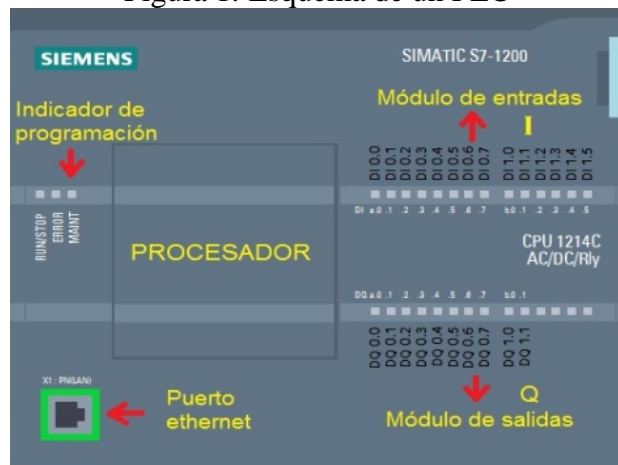
2.2.1 El PLC (Controlador lógico programable). Es un dispositivo electrónico el cual está conformado con una memoria interna programable, el cual es usado para el almacenamiento de funciones específicas tales como: lógicas, contadoras, temporizadas, y sobre todo controla procesos con un grado de peligrosidad alto para las personas, están disponibles en varios tamaños y formas dependiendo de la aplicación que tengan, las restricciones físicas y los ambientes dónde sean instalados.

Los PLC se puede encontrar en varios tamaños, formas y son utilizados en muchas industrias y equipos. A diferencia de las computadoras el propósito general de los PLC están destinados por su diseño a procesar múltiples señales de entrada y de salida como: señales analógicas y digitales

Los programas para el control de funcionamiento de estos dispositivos se suelen almacenar en discos, memorias como copia de seguridad, y además se realiza la interfaz con el computador a través de cable Ethernet. El funcionamiento del autómata programable está basado en un ciclo, llamado SCAN, que consiste en lo siguiente:

- En primer lugar lee todas las entradas y almacena el estado de cada una de ellas.
- En segundo lugar ejecuta las operaciones del programa siguiendo el orden en que la programación haya sido almacenada.
- En tercer lugar escribe el resultado de las operaciones en las salidas.
- Una vez escritas todas las salidas (activando o desactivando las que el resultado de las operaciones así lo requieran) vuelve al inicio.

Figura 1. Esquema de un PLC



Fuente: Autores

Un PLC cumple varias funciones entre las siguientes tenemos:

- Recoger datos de las fuentes de entrada a través de las fuentes digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a criterios pre-programados.
- Almacenar datos en la memoria.
- Generar ciclos de tiempo.
- Realizar cálculos matemáticos.
- Actuar sobre los dispositivos externos mediante las salidas analógicas y digitales.

2.2.2 Importancia de la automatización. La automatización de procesos aportará numerosas ventajas a su producción como un producto de mayor calidad y más competitivos debido a factores tales como la normalización de procesos y productos, la velocidad de producción, programación de la producción, la reducción continua de los residuos y menos probabilidades de equivocarse.

Evita el contacto del producto con los recursos humanos, que para el campo de alimentación trae mucho más higiene en el proceso dando un resultado de confiabilidad a la calidad del producto final.

La adopción de la automatización, es una estrategia para la mejora de la competitividad de la empresa y también para alcanzar objetivos que de otro modo difícilmente podrían conseguirse (precisión, seguridad, homogeneidad).

Se ha realizado estudios que demuestran como las empresas que se han sometido a la automatización de sus procesos, haciendo uso de la implementación adecuada, con la asesoría correcta han llegado a aumentar su producción en hasta un 30%. (Wikipedia, 2011)

2.2.3 *Variables del Sistema.* Son las magnitudes que se someten a control y que definen su comportamiento (velocidad, temperatura, posición) y están compuestas por:

- *Entrada.* Excitación que se aplica a un sistema de control desde una fuente de energía externa, con el fin de provocar una respuesta.
- *Salida.* Respuesta que proporciona el sistema de control
- *Perturbación.* Señales no deseadas que influyen de forma adversa en el funcionamiento del sistema.

2.2.4 *Ventajas y desventajas de los PLC*

- Ocupa un mínimo espacio
- Tiene buena capacidad de almacenamiento en la memoria interna
- El mantenimiento es muy económico
- Facilidad de instalación
- Se puede modificar la programación sin cambiar las conexiones
- Pueden ser programados para controlar cualquier tipo de equipo
- Bajo costo de instalación.
- Exige conocimientos técnicos para su programación
- Tiene inconvenientes al transmitir a más de 100 metros las señales

2.3 Criterios para seleccionar un PLC

- Hay que analizar el tipo de proceso que tenga el proyecto.
- Analizar el número de entradas y salidas que tenga el proyecto
- La capacidad de memoria de almacenamiento.
- Consideraciones de software.
- Condiciones físicas y ambientales.
- El costo.
- El servicio técnico disponible.
- Estructura de un PLC.
- Está conformado con una estructura compacta dónde están todos los elementos.

2.4 Principio de funcionamiento de los motores.

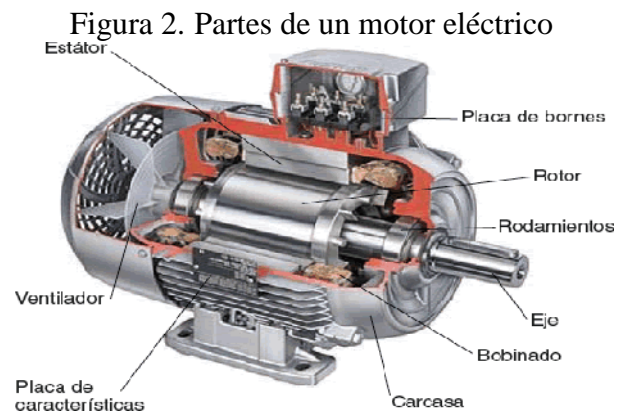
Los motores eléctricos son máquinas que transforman en energía mecánica la energía eléctrica, el principio de funcionamiento de los motores eléctricos se basa en la repulsión que ejercen los polos magnéticos de un imán permanente cuando interactúan con los polos magnéticos de un electroimán que se encuentran montado en un eje. Este electroimán se denomina "rotor " y su eje le permite girar libremente entre los polos magnéticos norte y sur del imán permanente situado dentro de la carcasa o cuerpo del motor.

Cuando la corriente eléctrica circula por la bobina de este electroimán giratorio, el campo electromagnético que se genera interactúa con el campo magnético del imán permanente. Si los polos del imán permanente y del electroimán giratorio coinciden, se producen un rechazo y un torque magnético o par de fuerza que provoca que el rotor rompa la inercia y comience a girar sobre su eje en el mismo sentido de las manecillas del reloj en unos casos, o en sentido contrario, de acuerdo con la forma que se encuentre conectada al circuito la pila o la batería. (Wikipedia, 2009)

2.4.1 Partes de un motor eléctrico. Un motor eléctrico está constituido por las siguientes partes:

- Estator

- Rotor
- Ventilador
- Eje
- Rodamientos
- Bobinado
- Placa de características.

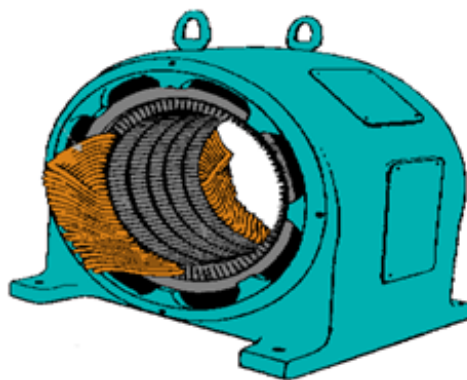


Fuente: <http://4.bp.blogspot.com/>

2.4.1.1 Estator. Constituye la parte fija del motor, el estator es el elemento que opera como base, permitiéndole que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor. El estator no se mueve mecánicamente, pero si magnéticamente. Existen dos tipos de estatores:

- Estator de polos salientes.
- Estator ranurado.

Figura 3. Estator



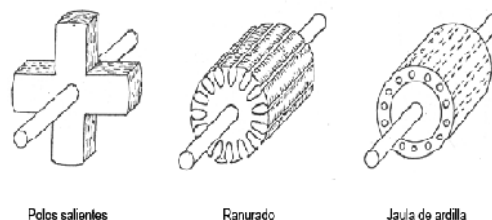
Fuente: Autores

Es estator está constituido principalmente de un conjunto de láminas de acero al silicio que tiene la habilidad de permitir que pase a través de ellas el flujo magnético con facilidad; la parte metálica del estator y los devanados proveen los polos magnéticos.

2.4.1.2 Rotor. Constituye la parte móvil del motor, es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica, los rotores, son un conjunto de láminas de acero al silicio que forman un paquete y pueden ser básicamente de tres tipos:

- Rotor ranurado.
- Rotor de polos ranurados.
- Rotor jaula de ardilla.

Figura 4. Tipos de rotores



Fuente: <http://goo.gl/rxv9FU>

2.4.1.3 Bobinado. Un motor monofásico tiene dos tipos de devanados o envolturas en el estator que cumplen las siguientes funciones.

El devanado de trabajo está formado de conductor grueso y tiene más espiras que el devanado de arranque, este, generalmente se aloja en la parte superior de las ranuras del estator, en tanto que el de trabajo se aloja en la parte inferior.

Figura 5. Partes del rotor



Fuente: <http://goo.gl/V59DJs>

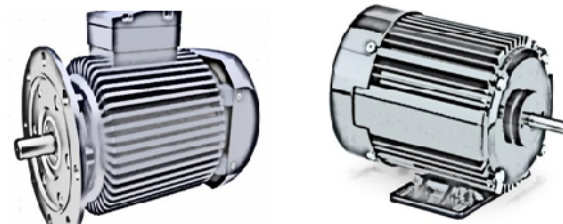
2.4.1.4 Carcasa. La carcasa es la parte que protege y cubre al estator y al rotor, el material empleado para su fabricación depende del tipo de motor, de su diseño y su aplicación. Así pues, la carcasa puede ser:

- Totalmente cerrada.
- Abierta.
- A prueba de goteo.
- Aprueba de explosiones.

2.4.1.5 Base. Es el elemento en dónde se soporta toda la fuerza mecánica de operación del motor, puede ser de dos tipos:

- Base frontal.
- Base lateral.

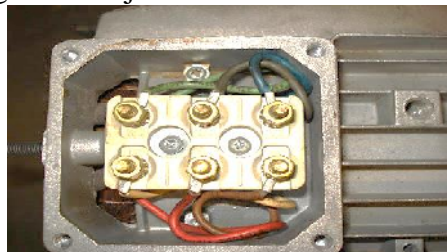
Figura 6. Bases del motor



Fuente: <http://goo.gl/hnqYZ5>

2.4.1.6 Caja de conexiones. Por lo general, en la mayoría de los casos los motores eléctricos cuentan con caja de conexiones, es un elemento que protege a los conductores que alimentan al motor. Resguardándolos de la operación mecánica del mismo, y contra cualquier elemento que pudiera dañarlos.

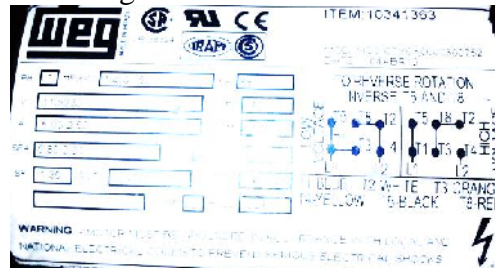
Figura 7. Caja de conexiones en el motor



Fuente: <http://goo.gl/SP8qry>

2.4.1.7 Placa de características. Cada motor debe contar con una placa de características, la cual contiene los datos técnicos como voltaje, amperaje, y con qué tipo de corriente funciona, y finalmente un diagrama de conexión.

Figura 8. Placa del motor



Fuente: <http://goo.gl/nVJC7>

2.5 Sensor.

Un sensor o captador es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular. Puede conectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH.

Figura 9. Sensores



Fuente: <http://goo.gl/OKzJnZ>

2.5.1 Sensor capacitivo. Los sensores capacitivos constan de un condensador que genera un campo eléctrico, este condensador forma parte de un circuito resonador, de manera que cuando un objeto se acerca a este campo la capacidad aumenta y el circuito empieza a resonar.

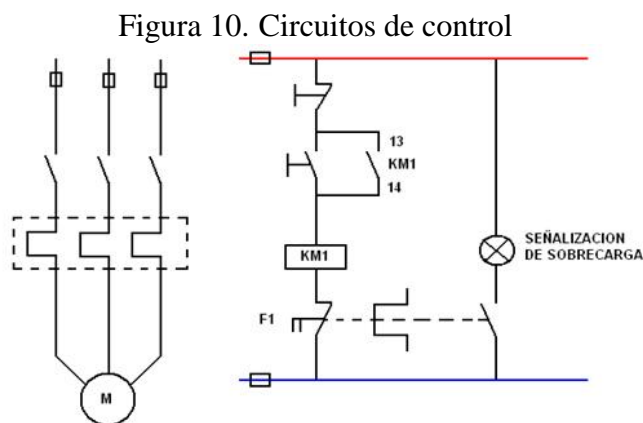
El sensor constan de una sonda que se encuentra situado en la cara posterior en dónde se encuentra colocada una placa condensador, y al aplicar una corriente al sensor por más mínima que sea, se produce una especie de campo electroestático cuya reacción se produce frente a los cambios de la capacitancia provocados por la presencia de un objeto cualquiera

Detectan cualquier tipo de material sea magnético o no, metálico, plástico, liquido el sensor capacitivo se utiliza con más frecuencia para variables como:

- Detección de nivel.
- Detección de humedad.
- Detección de posición.

2.6 Circuitos eléctricos

Un circuito eléctrico es una combinación de componentes conectados en tal forma que proporcionen una trayectoria cerrada para la circulación de la corriente y permitan aprovechar la energía de los electrones en movimiento para producir otras formas de energía.



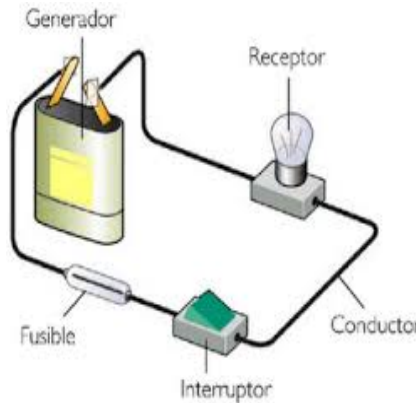
Fuente: <http://goo.gl/3ON2cj>

Un circuito eléctrico se compone básicamente de los siguientes elementos:

- Fuente de energía eléctrica
- Conductores

- Receptor
- Pulsador
- Elementos de protección

Figura 11. Elementos de un circuito eléctrico



Fuente: <http://goo.gl/RsgjFg>

2.7 Parámetros de circuito eléctrico

2.7.1 Voltaje. El voltaje, tensión o diferencia del potencial es la presión que ejerce una fuente de suministros de energía eléctrica o fuerza electromotriz (FEM) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica. Este movimiento de las cargas eléctricas por el circuito se establece a partir del polo negativo de la fuente de FEM hasta el polo positivo de la fuente.

2.7.2 Corriente. Lo que conocemos como corriente eléctrica no es otra cosa que la circulación de cargas o electrones a través de un circuito eléctrico cerrado, que se mueve siempre de polo negativo al polo positivo de la fuente del suministro de fuerza electromotriz (FEM). (Wikipedia, 2009)

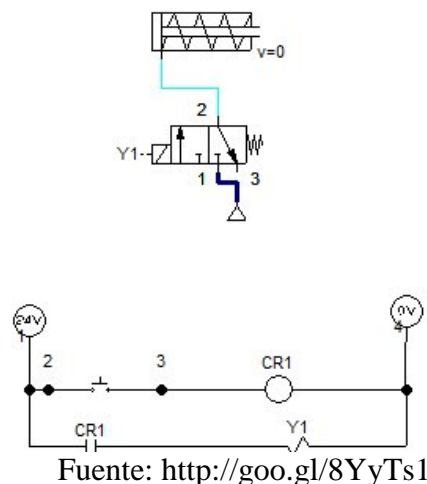
2.7.3 Arranque. El motor puede arrancar conectándolo directamente a través de la línea. Sin embargo, la máquina impulsada se puede dañar si se arranca con ese esfuerzo giratorio repentino. El arranque debe hacerse lenta y gradualmente, no solo para proteger la máquina, sino porque la oleada de corriente de la línea durante el arranque puede ser demasiado grande.

2.7.4 Potencia eléctrica. Potencia es la velocidad a la que se consume la energía, la se mide en joule por segundos (J/seg) que es el equivalente a watt y quiere decir que estamos consumiendo 1 joule de potencia en un segundo, o estamos consumiendo 1 watt de energía eléctrica. (Wikipedia, 2009)

2.7.5 Mantenimiento de los dispositivos de arranque. Una vez instalados y ajustados adecuadamente, los arrancadores para motor mantendrán el tiempo de arranque, voltajes, corriente, y troque confiables, en beneficio de la maquina impulsada y el sistema de energía.

2.8 Electroneumática

Figura 12. Circuito electroneumático



2.8.1 Elementos de la Electroneumática. Cada uno de los elementos de la cadena de mando cumple una tarea determinada en el proceso y en la transmisión de señales, los dispositivos que conforman un sistema electroneumática son:

- Contactos eléctricos NA / NC.
- Sensores.
- Pulsadores e interruptores.
- Electroválvulas 3/2, 5/2, 4/2, 5/3 vías.
- Relés y temporizadores.
- Válvulas lógicas.
- Cilindros de simple y doble efecto.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESO

3.1 Diseño del módulo didáctico

Para realizar el bosquejo del módulo didáctico nos basaremos en los siguientes parámetros técnicos como son:

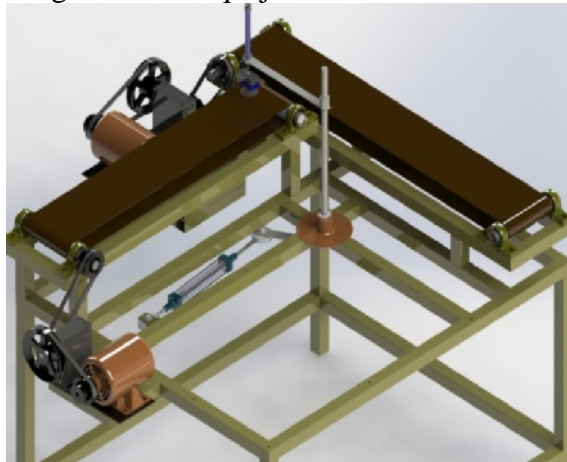
Baldosas de.....14.5x14.5cm

Recipientes.....15x15cm

Masa de baldosas.....0.250kg

Horas de trabajo.....4horas

Figura 13. Bosquejo de módulo didáctico



Fuente: Autores

3.1.1 Factores que influyen en la construcción del módulo didáctico

Energía

- La energía requerida para este proceso será la eléctrica y la neumática

Seguridad

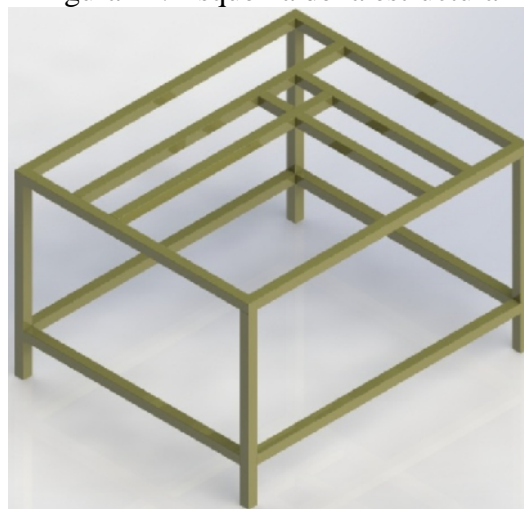
- Tendrá un manual de operación en el que se incluirá las medidas necesarias en prevención de riesgos.
- Requerirá antes de utilizar el módulo didáctico una respectiva inducción y todas las partes móviles tendrán sus respectivas protecciones para evitar accidentes.

Mantenimiento

- Será diseñado para que el proceso de mantenimiento sea lo más sencillo posible.
- Los repuestos se deberán encontrar en stock en el mercado nacional, y además se debe contar con programas de mantenimiento correctivo y preventivo.

3.1.2 Análisis de la estructura. Con el bosquejo del módulo didáctico procedemos a diseñar la estructura y posteriormente a realizar el estudio estático para determinar el esfuerzo máximo que soportará.

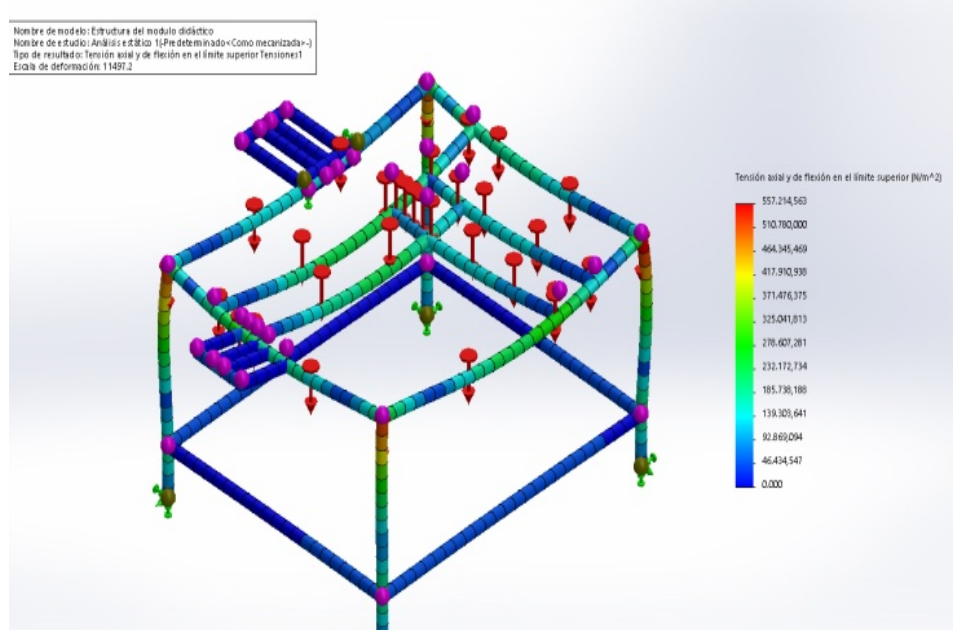
Figura 14. Esquema de la estructura



Fuente: Autores

Se ha hecho la propuesta del diseño de la estructura mediante un esquema en tubo cuadrado de 1.5 pulgadas*2mm para el módulo didáctico, el cual soporta hasta 557214. 563 N/m² lo que nos indica que los elementos colocados posteriormente en la estructura, representarán una pequeña carga a soportar, con lo cual se evitan las vibraciones que se pueden generar por los motores a utilizar.

Figura 15. Estudio estático



Fuente: Autores

3.1.2.1 Estudio ergonómico

Figura 16. Estudio ergonómico

Grupo B: Cuello, tronco y extremidades inferiores

Posición del cuello.

Indique la posición del cuello del trabajador.

☒ El cuello está entre 0 y 10 grados de flexión.
☐ El cuello está entre 11 y 20 grados de flexión.
☐ El cuello está flexionado por encima de 20 grados.
☐ El cuello está en extensión.

Indique además si....

☐ El cuello está lateralizado.
☒ El cuello está rotado.

Posición del tronco.

Indique la posición del tronco del trabajador.

☐ Postura sentada, bien apoyado y con un ángulo tronco-caderas >90°.
☒ Tronco flexionado entre 0 y 20 grados.
☐ Tronco flexionado entre 21 y 60 grados.
☐ Tronco flexionado más de 60 grados.

Indique además si....

☐ Tronco rotado.
☐ Tronco lateralizado.

Posición de las piernas

Indique la posición de las piernas del trabajador.

☒ El trabajador está sentado con las piernas y pies bien apoyados.
☐ El trabajador está de pie con el peso del cuerpo distribuido en ambas piernas y espacio para cambiar de posición.
☐ Si los pies no están bien apoyados o si el peso no está simétricamente distribuido.

Fuente: Autores

Para la determinación de la altura del módulo didáctico se requiere un análisis ergonómico que se realiza la evaluación en el software RULA que sirve para evaluar posiciones forzadas.

En base a la evaluación de la posición de los operadores en RULA, se ha seleccionado una altura que fluctúa entre 0,80 a 0,95m para el módulo didáctico, para evitar alguna posición forzada al manipular el módulo didáctico para el proceso de empaquetado de baldosas.

3.1.2.2 Análisis del sistema de transporte. El sistema de transporte se encarga de desplazar las baldosas y los recipientes de manera longitudinal y transversal respectivamente, a los diferentes puntos del módulo didáctico. Este sistema tendrá dos alternativas por lo cual analizaremos cada una de ellas.

Transportador de banda. Las bandas transportadoras, normalmente se fabrican en tejidos de poliéster y están formadas por varias capas de tejidos separados por capas de goma intermedia para mejorar su flexibilidad, recubiertas de caucho para obtener la calidad deseada según el trabajo a realizar y el tipo de material a transportar, las bandas transportadoras de goma se dividen en 3 tipos:

- *Lisas.* Para transporte horizontal.
- *Rugosas.* Para transporte horizontal e inclinado.
- *Nervadas.* Para transporte inclinado.

Transportador de rodillos. El transportador de rodillos es un mecanismo que utiliza rodillos metálicos para proporcionar el manejo y traslado de grandes pesos.

Selección del transportador a utilizarse. Se hace una ponderación en la tabla 1 para seleccionar el tipo de transportador requerido para la transportación de los recipientes y baldosas siendo uno como lo más bajo y cinco como lo ideal.

- Transportador de rodillos metálicos (Alternativa 1)
- Transportador de banda (Alternativa 2).

Tabla 1. Selección del tipo de transportador

Nº	Criterios de comparación	Alternativa 1	Alternativa 2	ideal
1	Peso	3	5	5
2	Costo	3	4	5
3	Facilidad de construcción	2	4	5
4	Facilidad de ensamblaje	2	4	5
5	vida útil	4	3	5
6	Confiabilidad del sistema	3	3	5
Total		17	21	
Orden de selección		2	1	

Fuente: Autores

En base a la ponderación de la tabla anterior se ha seleccionado el transportador de banda por la facilidad de construcción, costo, peso, vida útil.

3.1.3 *Diseño del transportador*

3.1.3.1 *Ancho de la banda transportadora.* El ancho normalizado para todo tipo de banda se describe en la siguiente tabla:

Tabla 2. Anchos de banda									
Anchos de bandas normalizados(mm)									
150	200	300	500	600	650	800	1000	1200	1600

Fuente: Norma UNE 18025

Se elige un ancho normalizado de 150mm tanto para el transporte de las baldosas como para los recipientes para el módulo didáctico para evitar la oscilación que pueda generarse con el movimiento.

3.1.3.2 *Selección del rodillo.* En base al ancho de la banda seleccionamos en la tabla2 el diámetro exterior del rodillo.

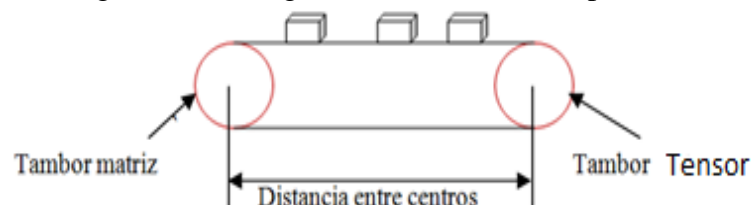
Tabla 3. Diámetro de rodillos

Ancho de la banda (mm)	Diámetro del rodillo(mm)		Peso de rodillos(Kg/m)
	v<0,5m/seg	v>0,5m/seg	
150	50		1,5
200		55- 63,5	1,75
400		63,5-89	1,75
500		63,5-89	2
600		63,5-89	2

Fuente: Norma UNE 18025

3.1.3.3 Cálculos de esfuerzos. A continuación se detalla la configuración que tendrá el transportador.

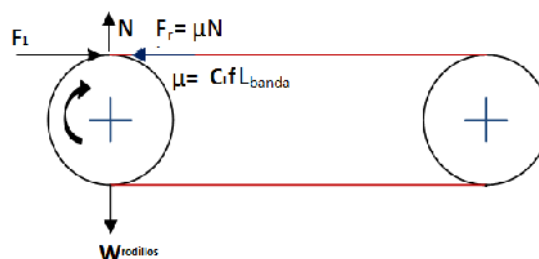
Figura 17. Configuración de banda transportadora



Fuente: Autores

Esfuerzo necesario para mover la banda en vacío. Se utiliza el siguiente diagrama de cuerpo libre.

Figura 18. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Autores

$$y=0$$

$$x=0$$

$$N - W_{\text{rodillos}}=0$$

$$F_1 - F_r=0$$

$$N = m_{\text{rodillos}}*g$$

$$F_1 = F_r$$

$$F_1 = \mu N$$

$$F_1 = C_L*f*L_{\text{banda}}*m_{\text{rodillos}}*g$$

Con el diagrama de cuerpo libre de la figura 19 se ha deducido la fórmula 1 para el cálculo del esfuerzo necesario para vencer la fricción y generar el movimiento sin carga.

$$F_1 = C_L * f * L_{\text{banda}} * m_{\text{rodillos}} * g \quad (1)$$

Dónde:

F_1 =Esfuerzo necesario para mover la banda en vacío, en N.

f = Coeficiente de rozamiento de los cojinetes.

C_L =Factor de fricción debido a la longitud de banda.

m_{rodillos} =Masa de los rodillos, en kg/m.

g =Gravedad, en m/s^2 .

L_{banda} =Longitud de banda, en m.

Factor de fricción debido a la longitud de banda. Las bandas transportadoras de poca longitud necesitan mayores esfuerzos para vencer la resistencia a la fricción que las bandas de mayor longitud.

Figura 19. Factor de fricción debido a longitud de banda

Longitud banda (m)	3	4	5	6	8	10	13	16	20	25	32	40
C_L	9	5.6	6.6	5.9	5.1	4.5	4	3.6	3.2	2.9	2.6	2.4

Fuente: <http://goo.gl/8bV5wq>

$$F_1 = f * C_L * L_{\text{banda}} * m_{\text{rodillos}} * g$$

$$F_1 = 4(0.05 * 9(3m)) (3kg/m)(9.8m/s^2)$$

$$F_1 = 158N$$

Figura 20. Factor de fracción debido a las chumaceras

Tipo de Cojinete	Estado	f
Rodamiento	Favorable	0,018
	Normal	0,020
	Desfavorable	0,023 – 0,030
Fricción		0,050

Fuente: <http://goo.gl/8bV5wq>

Esfuerzo necesario para mover la banda con carga. Para mover la banda a una velocidad constante de 3,6 m/min procedemos a utilizar la ecuación 2. (KAUMAN, 2008)

$$F_2 = \frac{f(L_{\text{banda}})(C_L)(Mm)(g)}{3.6v} \quad (2)$$

Dónde:

F_2 =Esfuerzo necesario para mover la banda con carga, en N.

C_L =Factor de fricción debido a la longitud de banda.

Mm =Capacidad de carga, en kg/min.

g = Gravedad, en m/s^2 .

L_{banda} = Longitud de banda, en m.

v =Velocidad (3.6m/min), en m/min.

$$F_2 = \frac{f(L_{\text{banda}})(C_L)(Mm)(g)}{3.6v}$$

$$F_2 = \frac{4((3m:9)*0,05)\left(\frac{5kg}{min}\right)*\left(\frac{9,8m}{s^2}\right)}{3,6\left(\frac{3,6m}{min}\right)}$$

$$F_2 = 50N$$

Esfuerzo total. Con los dos esfuerzos parciales calculamos el esfuerzo total con la ecuación 4.

$$F = F_2 + F_1 \quad (3)$$

$$F = 158N + 50N$$

$$F = 208N$$

Con el esfuerzo total se calcula la potencia requerida por el sistema de transporte para el proceso de empackado de baldosas con la ecuación 4. (SALINAS PINEDA, 2011 págs. 34-35)

$$P = F * v \quad (4)$$

Dónde:

P= Potencia, en W.

F= Esfuerzo total del sistema de transporte, en N.

v: Velocidad de la banda transportadora, en m/s.

$$P = 208N \cdot 0.06m/s$$

$$P = 124W$$

Se requiere una potencia de accionamiento de 124W, transformando a HP tenemos que dividir para 746 y obtenemos el valor de 0,17HP con lo cual seleccionamos el motor.

3.1.3.4 Material de la banda transportadora. Para un diseño horizontal y hasta 18 grados de inclinación y con una abrasión moderada designada con B el material para la transportación de baldosa según la UNE 18025 es la de tipo textil.

Poliéster – Poliamida (EP). Los tejidos EP están constituidos por poliéster y poliamida con las siguientes características:

- Alta resistencia en porción al peso
- Alta resistencia al impacto y a la abrasión
- Alta resistencia al alargamiento
- Gran flexibilidad

Con el esfuerzo obtenida que es de 208N encontramos la resistencia de la banda transportadora con la ecuación 5.

$$=F/A \quad (5)$$

Dónde:

= Resistencia requerida, en N/m².

F= Esfuerzo total, en N.

A=Área de la banda transportadora, m².

$$=208N/ (0.15m \cdot 3m)$$

$$=463\text{N/m}^2$$

La resistencia requerida para la banda transportadora para el proceso de empaclado es de 463N/m^2 la cual es seleccionada con la tabla 4

Tabla 4. Tipo de banda

Bandas transportadoras			
Tipo de banda	Peso(Kg/m^2)	Resistencia(N/mm^2)	Abrasión(mm^3)
EP-125	4,40	125	90
EP-900	4,41	900	320
EP-1150	5,56	1150	500

Fuente: UNE 18025

Tabla 5. Valores de espesores

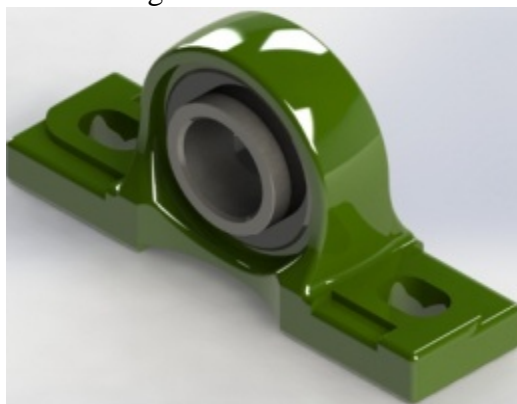
Valores de espesores y número de capas textiles	
Número de capas (Z)	Espesor mm(e_r)
Dos capas textiles	2
Tres capas textiles	3-1,5
Cuatro capas textiles	4-2

Fuente: UNE 18025

La banda textil que seleccionamos para cumplir el proceso de empaclado es la EP-125 con un peso de $4,40\text{ kg/m}^2$ y 125N/mm^2 de resistencia.

Selección de chumaceras. Por la carga radial de 208N con una velocidad lineal de 6cm/s se ha seleccionado la chumacera 6303.

Figura 21. Chumacera



Fuente: Autores

Figura 22. Rodamientos SKF

Ø Eje (mm)	Tipo rodamiento	C (N)
17	6203	750
20	6204....6304	1000....1250
25	6205....6305	1100....1760
30	6206....6306	1530....2200
35	6207....6307	2000....2600
40	6208....6308	2280....3200
45	6209....6309	2550....4150
50	6210....6310	2750....4800

Fuente: (SKF, 2008)

3.1.4 Selección del reductor de velocidades. Podemos encontrar en el mercado reductores de sinfín corona los cuales tiene dimensiones adaptables a cualquier necesidad pero el reductor que se acerca a la velocidad necesaria requerida es el que tiene una relación de transmisión de 1: 50 y además viene con poleas incluidas.

Factor de servicio. Es un número que nos indica el grado de protección con el que operara nuestro reductor de velocidad, y depende del tiempo de utilización diaria y el tipo de uso que tendrá, si la velocidad lineal requerida por la banda transportadora 6cm/s por la gran precisión que se requiere al momento de la succión de la baldosa para ubicar en la caja, lo que nos indica que tenemos que reducir los RPM DE 1730 por medio de un reductor de velocidades.

Figura 23. Reductor de velocidades sin-fin corona



Fuente: Autores

3.1.5 Selección de las poleas. En el reductor sinfín corona viene incorporado sus respectivas poleas, así que hay que realizar la selección de las poleas para el eje del motor y dar movimiento a la banda transportadora, en el cual se realiza el desplazamiento tanto de las baldosas como los recipientes.

Los diámetros de las poleas D_2 y D_3 nos vienen dadas respectivamente de 6in y 3in se seleccionó las poleas D_1 y D_4 de 3in de diámetro porque se requiere bajas velocidades lineales para la banda transportadora se detenga al momento de que se activen los sensores.

Cálculo de RPM en cada polea 1 y la polea 2 con la ecuación 7

$$n_1 \times D_1 = D_2 \times n_2 \quad (7)$$

Dónde:

N_2 = Número de revoluciones de polea 2, en RPM.

D_1 = Diámetro de polea 1, en in.

D_2 = Diámetro de polea 2, en in.

n_1 = Número de revoluciones de polea 1, en RPM.

$$1730\text{RPM} \times 3\text{in} = 6\text{in}(2)$$

$$n_2 = 865\text{RPM}$$

Se obtiene 865 RPM a la entrada del reductor Sin-fin corona 50:1

Datos:

El reductor sin fin corona tiene una relación de 50:1

$$n_3 = \frac{n_2}{50}$$

$$n_3 = \frac{865\text{RPM}}{50}$$

$$n_3 = 17.3 \text{ RPM}$$

Con la salida del polea 3 y la polea 4 y aplicando la ecuación 7 procedemos a calcular las revoluciones para dar movimiento la banda transportadora.

Datos:

$$D_3 = 2.5 \text{ in.}$$

$$N_3 = 17.3 \text{ RPM}$$

$$D_4 = 3 \text{ in.}$$

$$N_4 = ?$$

$$17.3 \text{ RPM} \times 2.5 \text{ in} = 3 \text{ in}(n_4)$$

$$n_4 = 14.42 \text{ RPM}$$

Hemos obtenido 14,42 RPM, y procedemos a calcular la velocidad lineal para la banda transportadora con la ecuación 8

$$= \frac{v}{R} \quad (8)$$

Dónde:

: Velocidad angular, en rad/seg.

v: Velocidad lineal, en /seg.

R= Radio de la polea, en in.

Transformando los 14,42 RPM a rad/seg

$$= 1.6 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Con la velocidad angular calculamos la velocidad lineal despejando la ecuación 8

$$v = \omega R$$

$$v = (1.6 \frac{\text{rad}}{\text{s}})(1.5 \text{ in})(2.54 \text{ cm})$$

$$v = 6 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

3.1.6 Selección de correas.

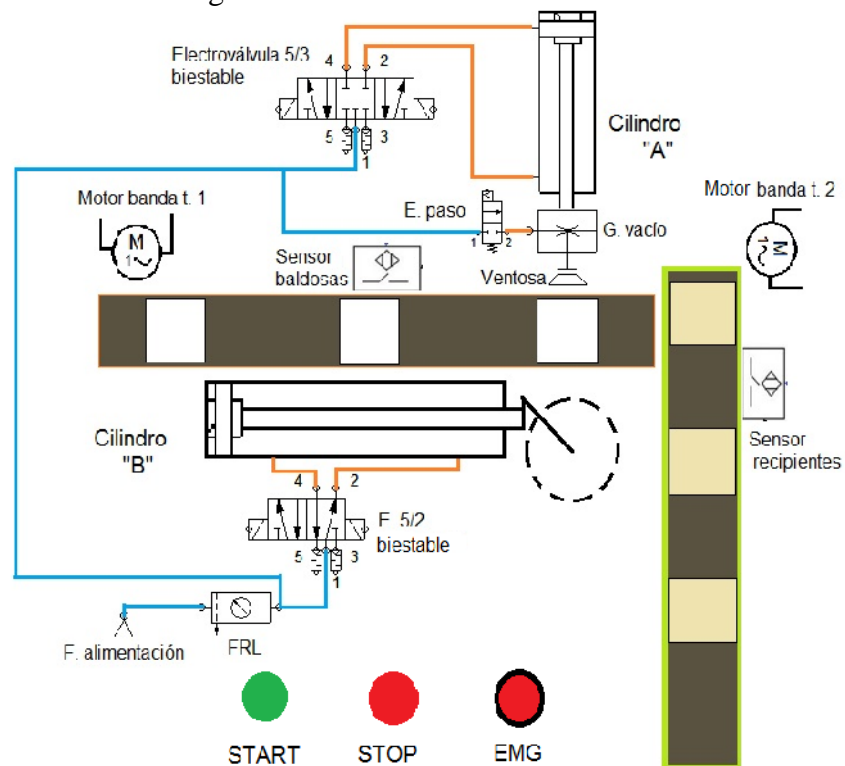
- Trabajar con distancias pequeñas entre los centros de los ejes.
- Sistema de trabajo silencioso
- Trabajar a altas velocidades de rotación
- Sirve para evitar rozamiento.

Por ser la distancia corta entre eje a eje tanto del motor al reductor, como del reductor a la banda transportador se ha seleccionado correas de transmisión en V tipo A porque es la ideal para trabajar a cortas distancias.

3.2 Diseño del circuito electroneumático

Con la ayuda del circuito electroneumático determinaremos los elementos neumáticos necesarios para el proceso de empaquetado de baldosas, por lo que a continuación calcularemos los datos técnicos que se requieren para su selección. Por lo tanto la presión de trabajo será de 6 bares.

Figura 24. Circuito electroneumático



Fuente: Autores

3.2.1 Selección de Ventosa. A continuación seguiremos un procedimiento en el orden indicado para obtener la ventosa de acuerdo al objeto a levantar.

3.2.1.1 Parámetros para la selección de una ventosa

- **Forma.** Los labios de la ventosa, dependen directamente de la forma del objeto a elevar.
- **Diámetro.** Sirve para determinar el volumen total del sistema de una o varias ventosas según el peso del objeto a elevar.

3.2.1.2 Tipos de ventosas. En el mercado existe una gran variedad de ventosas dependiendo la aplicación entre las cuales tenemos:

Ventosas con fuelle. Usada en la manipulación de objetos con desniveles, como chapas de carrocería, tubos, objetos delicados, componentes eléctricos, plásticos moldeados por inyección.

Figura 25. Ventosa con fuelle



Fuente: <http://goo.gl/7QwYQW>

Ventosas ovaladas. Es utilizada en la manipulación de objetos como plásticos moldeados por inyección, productos envasados.

Figura 26. Ventosa ovalada



Fuente: <http://goo.gl/7QwYQW>.

Ventosas planas. Los campos típicos de aplicación son: manipulación de objetos lisos, levemente rugosos como chapas, cartones, objetos de plástico, madera. (FESTO PNEUMATIC, 2009)

Figura 27. Ventosa plana



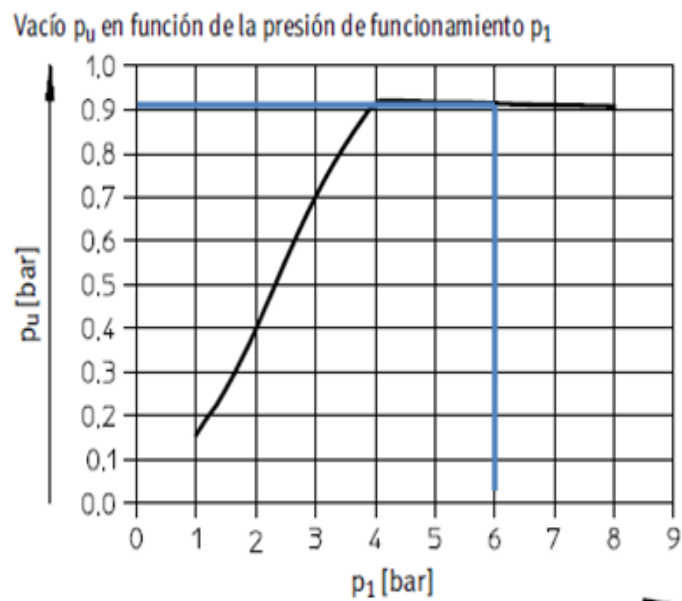
Fuente: <http://goo.gl/HKKhLoH>

Se puede conseguir ventosas fabricadas con:

- Caucho de silicona
- Caucho natural.
- Caucho nitrílico.

Son materiales que tienen mayor resistencia al desgaste y a la deformación permanente.

Figura 28. Curva de Vacío en función de la presión de trabajo

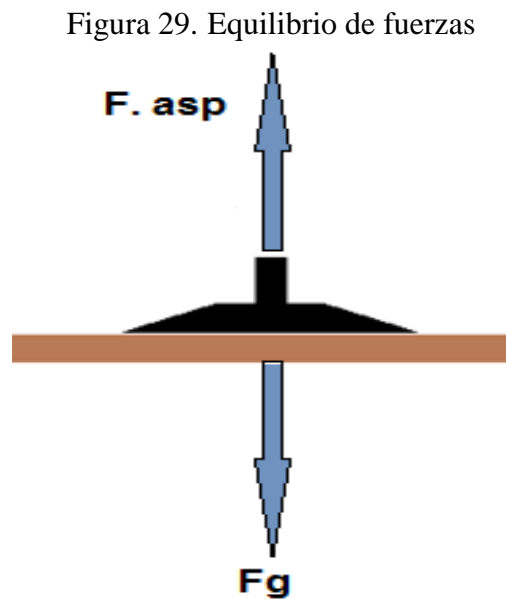


Fuente: <http://goo.gl/DGSb74>

Podemos observar que el vacío que produce los 6 bares de presión de trabajo es de 0.9 bar. Este dato se utilizará para cálculos siguientes en el proceso de empacado de baldosas se realiza dos movimientos por lo cual deberemos analizar cada uno:

- Movimiento en el eje vertical.
- Movimiento en el eje horizontal.

Movimiento en el eje vertical. Haciendo un equilibrio de fuerzas se tiene que:



Fuente: Autores

$$F_{asp} = m (g + a)S \quad (9)$$

Dónde:

F_{asp} = Fuerza de aspiración, en N.

m = Masa de la baldosa, en kg.

g = Gravedad, en m/s^2 .

a = Aceleración con la que la baldosa debe ser elevada, en m/s^2 .

S = Factor de seguridad

Eje horizontal

Dinámico: 4

Estático: 2

Eje vertical

Dinámico: 8

Estático: 4

En este caso el objeto se moverá en el eje vertical y según el fabricante de ventosas planas recomienda seleccionar un coeficiente de seguridad de S: 8. (FESTO PNEUMATIC, 2009)

Del mismo modo escogeremos el dato de la fuerza de aspiración que depende de la presión de vacío y de la sección de la ventosa a utilizar, se ha tomado por hipótesis una ventosa de 15 mm, basándonos en el catálogo se obtiene:

Figura 30. Selección de ventosas

Datos técnicos generales							
Diámetro de la ventosa en mm	Construcción	Conexión de vacío	Tipo de fijación	Diámetro nominal en mm	Diámetro útil de la ventosa en mm	Dureza	Fuerza de aspiración con 70% de vacío en N
1	Conexión de vacío en la parte superior, redonda estándar	M3	Rosca	0,4	0,8	55±5	0.035
2		M3		1	1,6	55±5	0.14
5		M5		1,5	4	55±5	0.9
8		M5		2	5,5	73	1.6
10		M5		2	8	73	4.5
15		G1/8		3	12	73	7.9
30		G 1/8		3	25	73	34
40		G1/4		4	32	73	556
55		G1/4	atornillar	4	44	73	106
75		G1/4		4	60	73	397
100		G1/4		4	85	73	606
125		G3/8		7	105	73	606

Fuente: <http://goo.gl/6PYdY>

Para un 70% de vacío se obtiene una fuerza de aspiración de 7.9 N, como se observa en la figura 37 un vacío del 90%, la fuerza de aspiración que obtendremos será:

$$F_{asp} = \frac{0.9}{0.7} 7.9 \text{ N}$$

$$F_{asp} = 8.89\text{N}$$

De forma que procedemos a verificar si las dos aceleraciones son mayores que la aceleración gravitatoria mediante la ecuación 13.

$$g + a = \frac{F_{asp}}{m}$$

$$g + a = \frac{8.89\text{N}}{0.227\text{kg}}$$

$$g + a = 4.88 \text{ m/s}^2$$

Debido a que este dato es menor a la aceleración gravitatoria se debe deducir que la ventosa de 15 mm a utilizar no es la correcta. Por lo cual se debe utilizar una ventosa que de mayor diámetro que proporcione una fuerza de aspiración para que la aceleración soportable sea mayor que la gravitatoria: Se escoge ahora como tesis el siguiente diámetro normalizado que es 30 mm, se puede ver en la tabla del catálogo que la fuerza de aspiración a un vacío del 70% es de 34 N. Por lo tanto, como se observa en la figura 37 un vacío del 90%, la fuerza que obtendremos será:

$$F_{asp} = \frac{0.9}{0.7} \cdot 34 \text{ N}$$

$$F_{asp} = 38.25 \text{ N}$$

De forma que:

$$g + a = \frac{F_{asp}}{m}$$

$$g + a = \frac{38.25 \text{ N}}{0.227\text{kg}}$$

$$g + a = 21.06 \text{ m/s}^2$$

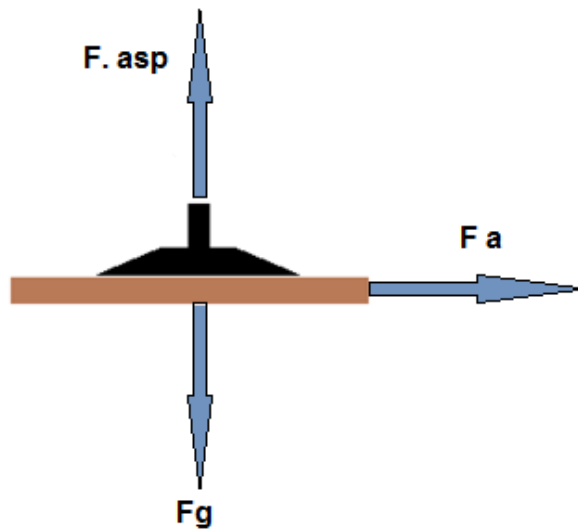
$$a = 21.06 \text{ m/s}^2 - 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$a = 11.26 \text{ m/s}^2$$

La aceleración permitida en el movimiento de subida deberá ser de 11.26 m/s^2

Movimiento en el eje horizontal

Figura 31. Equilibrio de fuerzas



Fuente: Autores

$$F_{asp} = m \left(g + \frac{a}{\mu} \right) S$$

Dónde:

$F_{aspiraci\grave{o}n}$ = Fuerza de aspiración, en N.

m = Masa de la baldosa, en kg.

g = Gravedad, en m/s^2 .

a = Aceleración con la que la baldosa debe ser elevada, en m/s^2 .

μ = Coeficiente de fricción.

S = Factor de seguridad según catalogo

Elevación horizontal

Dinámico: 4

Estático: 2

Elevación vertical

Dinámico: 8

Estático: 4

En este caso el objeto se moverá en forma horizontal por lo que escogeremos un coeficiente de seguridad $S:4$. (FESTO PNEUMATIC, 2009)

De catálogo se ha obtenido un coeficiente entre el caucho nitrílico y cerámica es μ : 0.8 como se ha tomado en el movimiento vertical una ventosa de 30 mm, hemos obtenido una aceleración de 11.26 m/s^2 .

De forma que:

$$F_{\text{asp}} = m \left(g + \frac{a}{\mu} \right) S$$

$$F_{\text{asp}} = 0.227 \left(9.8 \text{ m/s}^2 + \frac{11.26 \text{ m/s}^2}{0.8} \right) 4$$

$$F_{\text{asp}} = 21.67 \text{ N}$$

Figura 32. Selección de ventosas

Datos técnicos generales							
Diámetro de la ventosa en mm	Construcción	Conexión de vacío	Tipo de fijación	Diámetro nominal en mm	Diámetro útil de la ventosa en mm	Dureza	Fuerza de aspiración con 70% de vacío en N
1	Conexión de vacío en la parte superior, redonda estándar	M3	Rosca para atornillar	0,4	0,8	55±5	0.035
2		M3		1	1,6	55±5	0.14
5		M5		1,5	4	55±5	0.9
8		M5		2	5,5	73	1.6
10		M5		2	8	73	4.5
15		G1/8		3	12	73	7.9
30		G 1/8		3	25	73	34
40		G1/4		4	32	73	55.6
55		G1/4		4	44	73	105
75		G1/4		4	60	73	397
100		G1/4		4	85	73	606
125		G3/8		7	105	73	606

Fuente: <http://goo.gl/6PYdY>

En este caso hemos obtenido una fuerza de aspiración menor que la del primero pero si está dentro del rango de una ventosa de 30 mm como se puede observar en la figura 41, por tanto se ha seleccionado la ventosa seleccionada de 30 mm

Figura 33. Ventosa plana



<http://goo.gl/HKhLoH>

3.2.2 Selección de generador de vacío. Para seleccionar el generador de vacío vamos a determinar la capacidad de aspiración de la ventosa según su diámetro, para poder establecer el caudal de aspiración que deberá entregar el generador de vacío.

Tabla 6. Capacidad de aspiración

Diámetro de ventosas	Capacidad de aspiración V_s	
Hasta 60 mm	$0,5 \text{ m}^3/\text{h}$	$8,3 \text{ l}/\text{min}$
Hasta 120 mm	$1,0 \text{ m}^3/\text{h}$	$16,6 \text{ l}/\text{min}$
Hasta 215 mm	$2,0 \text{ m}^3/\text{h}$	$33,3 \text{ l}/\text{min}$
Hasta 450 mm	$4,0 \text{ m}^3/\text{h}$	$66,6 \text{ l}/\text{min}$

Fuente: <http://goo.gl/7QwYQW>.

En la tabla 7 en el mercado podemos encontrar los siguientes generadores de vacío AIRBEST en base a la capacidad de aspiración que requiere la ventosa

Tabla 7. Caudal de aspiración AIRBEST

PARÁMETROS TÉCNICOS			
Modelo	Nivel máximo de vacío (KPa)	Flujo máximo de vacío (l/min)	Consumo de aire (l/min)
ABM5	90	37	12-20
ABM10		75	28-42
ABM20		150	55-85
ABM30		220	87-125

Fuente: <http://goo.gl/2041Tx>

Por medio de la tabla anterior se ha seleccionado el Generador de vacío ABM5

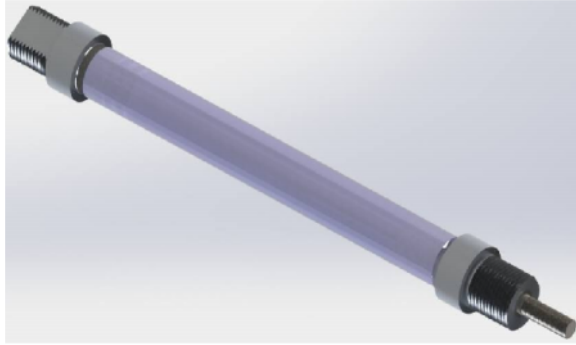
Figura 34. Generador de vacío AIRBEST



Fuente: <http://goo.gl/2041Tx>

3.2.3 Selección de cilindros neumáticos. Al realizar el cálculo para la selección del diámetro de cada cilindro debemos normalizar su diámetro con ayuda de un catálogo o tablas de cilindros neumáticos existentes en el mercado.

Figura 35. Cilindro de doble efecto



Fuente: Autores

3.2.3.1 *Función del primer cilindro en el proceso de empacado.* El cilindro de doble efecto realizará su trabajo descendiendo su vástago a una distancia cercana a la superficie de la baldosa para que le permita al equipo de vacío atraparla y a continuación pueda apilar las baldosas en el cartón ubicado en la segunda banda transportadora.

Figura 36. Cilindro y generador de vacío



Fuente: Autores

Parámetros para la selección

- La fuerza que va a generar el cilindro debe ser mayor que el peso a elevar y descender y así poder realizar su trabajo en óptimas condiciones
- La longitud de su carrera debe ser mayor que la diferencia de altura entre las dos bandas transportadoras (> 650 mm).

Cálculo para el cilindro de doble efecto (Apilado de baldosas)

Datos:

Masa de la ventosa: 0.1363 kg

Masa del generador de vacío: 0.09 kg

Masa de la baldosa: 0.227 kg

Masa a vencer total: 0.454 kg

Presión de trabajo: 6 Bar

$$6\text{Bar} \quad \frac{10^5 \text{ Pa}}{1 \text{ bar}} = 6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Calcularemos el diámetro del cilindro, el cual deberá superar la fuerza de los pesos como: baldosa, ventosa y generador de vacío con la ecuación 10.(MORÁN, 2008)

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot F_t}{\pi \cdot p}} \quad (10)$$

Dónde:

D = Diámetro del émbolo, en mm.

F_t= Fuerza teórica, en N.

p= Presión de trabajo, en Pa.

Obtenemos el peso de todas las cargas a elevar utilizamos la ecuación 11

$$W = m_t \cdot g \quad (11)$$

Dónde:

W = Peso total a vencer, en N.

m_t= Masa total a vencer, en kg.

g: Gravedad, en m/s².

$$W = 0.454 \text{ kg} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = F_e = 4.45 \text{ N}$$

Entonces la fuerza a vencer por el cilindro de doble efecto es de 4,45N, tomando en cuenta que debemos sumar el 10% de la fuerza de rozamiento, provocado por el avance y retorno del émbolo.

$$F_e = F_t - F_r \quad (12)$$

Dónde:

F_t = Fuerza teórica, en N.

F_e =Fuerza efectiva, en N.

F_r = Fuerza de rozamiento 10% (0,1), en N.

Calculamos la fuerza teórica aplicando la ecuación 12

$$F_r = 0,1 \quad F_t$$

$$F_e = F_t - 0,1F_t$$

$$F_e = 0,9F_t$$

Despejamos la fuerza teórica:

$$F_t = \frac{F_e}{0.9}$$

$$F_t = \frac{4.45 \text{ N}}{0.9}$$

$$F_t = 4.95 \text{ N}$$

Reemplazamos en la ecuación 10:

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot 4.95 \text{ N}}{6 \cdot 10^5 \text{ Pa}}}$$

$$D = 0.00324 \text{ m}$$

$$D = 3.24 \text{ mm}$$

Obteniendo un diámetro del émbolo de 3.24 mm procedemos a seleccionar en un catálogo.

Figura 37. Selección de cilindros

CILINDROS E.MC						
Diámetro del cilindro (mm)	12	16	20	25	32	40
Tipo interino	Doble efecto					
Medio de trabajo	Aire Limpio (40 micras filtración)					
Tipo de montaje	Tipo básico IFA ISDB ILB					
Presión de trabajo (MPa)	0.1~1.0					
Max. presión (MPa)	1.35					
Rango de velocidad (mm de)	10 a 1000					
Temperatura de trabajo (°C)	0 ~ 80 (aire 20 seco)					
Tipo de cojín	16mm ~ 25mm son con cojín ajustable, otro colchón de tamaño es opcional					
Material	Barril de acero inoxidable (el barril de aluminio opcional), junta de PTFE					
Tamaño de la rosca (mm)	G1/8					

Fuente: <http://goo.gl/ZwU2gI>

Datos técnicos del cilindro A

- Diámetro normalizado del émbolo: 12 mm
- Diámetro del vástago: 5 mm
- Carrera: 100mm

Calculamos el consumo de aire con la ecuación 13

$$V = A + A'' (Carrera \cdot n) \cdot Rc \quad (13)$$

Dónde:

V= Consumo de aire, en mm³/min.

Rc= Relación de compresión.

A= Área del cilindro en el avance, en mm².

D= Diámetro del cilindro, en mm.

A'' =Área del cilindro en el retorno, en mm².

n =Número de ciclos por minuto $13 \frac{\text{ciclos}}{\text{minuto}}$.

Cálculo del área del cilindro en el avance con la ecuación 14

$$A = 0.785D^2 \quad (14)$$

Dónde:

D= Diámetro del cilindro, en mm.

$$A = 0.785(12\text{mm})^2$$

$$A = 113.04 \text{ mm}^2$$

Cálculo área del cilindro en el retorno con la ecuación 15

$$A'' = 0.785(D^2 - d^2) \quad (15)$$

Dónde:

d= Diámetro del vástago, en mm.

$$A'' = 0.785(12^2 - 5^2)$$

$$A'' = 93.42\text{mm}^2$$

Cálculo de la relación de compresión en la ecuación 16:

$$Rc = \frac{p_{atm} + p}{P_{atm}} \quad (16)$$

Dónde:

Rc= Relación de compresión.

p_{atm} = Presión atmosférica, en Pa.

p= Presión de trabajo, en Pa.

$$Rc = \frac{(10^5 + 6 \cdot 10^5)\text{Pa}}{10^5\text{Pa}}$$

$$Rc = 7$$

Reemplazando en la ecuación 17 tenemos:

$$V = (113,04\text{mm}^2 + 93.42\text{mm}^2)(100\text{mm} \cdot 13 \text{ ciclos}/\text{min}) * 7$$

$$V = 1878786 \text{ mm}^3/\text{min}$$

3.2.3.2 Función del segundo cilindro neumático en el proceso de empaquetado. Su función es girar el brazo neumático a 90 grados para obtener un movimiento circular mediante el avance de su vástago al momento de que la baldosa haya sido atrapada por la ventosa para depositarla en el recipiente, al ubicar la baldosa retornará su vástago, para que el brazo neumático regrese a su posición inicial y así empiece un nuevo ciclo de empaquetado.

Parámetros para la selección

- La fuerza que va a generar el cilindro debe ser mayor que el peso del brazo neumático a girar.
- La longitud de la carrera del cilindro neumático para conseguir un giro de 90 grados.

Cálculo para el cilindro de doble efecto (Giro del brazo neumático)

Datos:

- Masa de la ventosa: 0.1363 kg
- Masa del generador de vacío: 0.09 kg
- Masa de la baldosa: 0.227 kg
- Masa del eje: 0.68 kg
- Masa del acople: 0.45 kg
- Masa de los rodamientos: 0.45 kg
- Masa del cilindro: 0.227kg
- Masa del sujetador: 0.45kg
- Masa de la válvula de paso: 0.114 kg
- Masa total: 7 kg
- Presión de trabajo: 6 Bar

Para determinar el diámetro del cilindro usamos la ecuación 10, el cual deberá superar la fuerza de los pesos como: baldosas, ventosa, generador de vacío y los elementos que conforman el brazo neumático.

$$D = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot F_t}{\pi \cdot p}}$$

Obtenemos el peso de todas las cargas a elevar, para lo cual utilizaremos la ecuación 11

$$\begin{aligned} W &= m_t \cdot g \\ W &= 7 \text{ kg} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ W &= F_e = 68,6 \text{ N} \end{aligned}$$

Entonces la fuerza a vencer por el cilindro de doble efecto es de 68,6N, tomando en cuenta que debemos sumar el 10% de la fuerza de rozamiento, consiguiendo así un rendimiento del 90%

Para calcular la fuerza teórica aplicaremos la ecuación 12

$$\begin{aligned} F_e &= F_t - F_r \\ F_r &= 0,1 \cdot F_t \\ F_e &= F_t - 0,1F_t \\ F_e &= 0,9F_t \end{aligned}$$

Despejamos la fuerza teórica:

$$\begin{aligned} F_t &= \frac{F_e}{0.9} \\ F_t &= \frac{68,6\text{N}}{0.9} \\ F_t &= 76,22\text{N} \end{aligned}$$

Remplazamos en la ecuación 10 la fuerza teórica:

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 * 76,22 \text{ N}}{6 * 10^5 \text{ Pa}}}$$

$$D = 0.0127 = 13\text{mm}$$

Obteniendo un diámetro del émbolo de 13 mm procedemos a seleccionar en un catálogo.

Datos técnicos del cilindro B

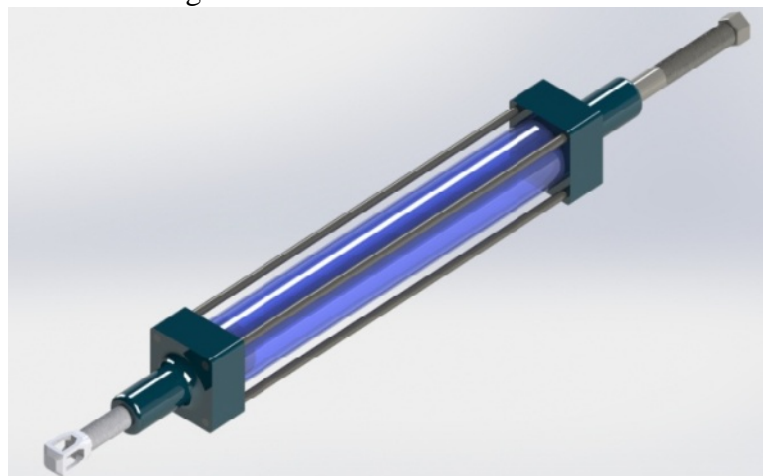
- Diámetro normalizado del émbolo: 16 mm
- Diámetro del vástago: 5 mm
- Carrera: 180 mm

Figura 38. Selección de cilindros

CILINDROS E.MC						
Diámetro del cilindro (mm)	12	16	20	25	32	40
Tipo interino	Doble efecto					
Medio de trabajo	Aire Limpio (40 micras filtración)					
Tipo de montaje	Tipo básico IFA ISDB ILB					
Presión de trabajo (MPa)	0.1~1.0					
Max. presión (MPa)	1.35					
Rango de velocidad (mm de)	10 a 1000					
Temperatura de trabajo (°C)	0 ~ 80 (aire 20 seco)					
Tipo de cojín	16mm ~ 25mm son con cojín ajustable, otro colchón de tamaño es opcional					
Material	Barril de acero inoxidable (el barril de aluminio opcional), junta de PTFE					
Tamaño de la rosca (mm)	G1/8					

Fuente: <http://goo.gl/ZwU2gI>

Figura 39. Cilindro de doble efecto



Fuente: Autores

Calculamos el consumo de aire con la ecuación 13

$$V = A + A'' (\text{Carrera} - n) \cdot Rc$$

Cálculo del área del cilindro en el avance con la ecuación 14

$$\begin{aligned} A &= 0.785D^2 \\ A &= 0.785(16\text{mm})^2 \\ A &= 200,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cálculo área del cilindro en el retorno con la ecuación 15

$$\begin{aligned} A'' &= 0.785(D^2 - d^2) \\ A'' &= 0.785(16^2 - 5^2) \\ A'' &= 181,34\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Cálculo de la relación de compresión en la ecuación 16:

Datos:

$$p_{atm}: 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{Presión de trabajo: } 6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\begin{aligned} Rc &= \frac{p_{atm} + p}{p_{atm}} \\ Rc &= \frac{(10^5 + 6 \cdot 10^5) \text{ Pa}}{10^5 \text{ Pa}} \\ Rc &= 7 \end{aligned}$$

Reemplazando en la ecuación 17 tenemos:

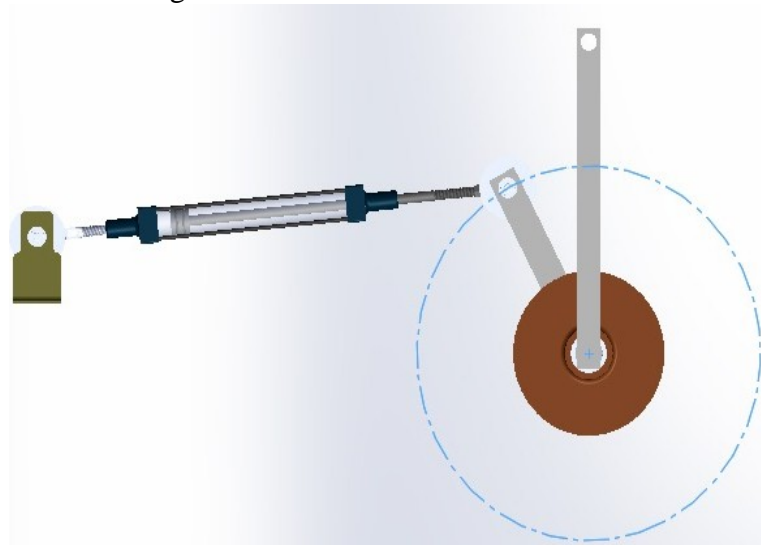
$$\begin{aligned} V &= (113,04\text{mm}^2 + 93.42\text{mm}^2) (100\text{mm} \cdot 9 \text{ ciclos/min}) \cdot 7 \\ V &= 1300698 \text{ mm}^3/\text{min} \end{aligned}$$

Carrera. Para obtener la longitud de su carrera debemos saber que nuestro segundo cilindro produce un movimiento rectilíneo y para que gire el brazo neumático debemos transformar a un movimiento circular para lo cual describiremos los elementos que necesitamos para generar este movimiento. (Movimiento rectilíneo a circular).

Descripción de los elementos y su funcionamiento

- ***Dos rodamientos.*** Los rodamientos harán que el vástago del cilindro neumático al momento de avanzar y retornar pueda conseguir un desplazamiento tangente a una circunferencia.
- ***Placa de 11,5 cm de longitud.*** Su función es, transformar un movimiento lineal en circular.
- ***Sujetador.*** Es el elemento que mantendrá al cilindro neumático en una posición perpendicular al brazo neumático, para poder conseguir el cambio de un movimiento lineal a un movimiento circular.

Figura 40. Mecanismo biela-manivela



Fuente: Autores

Cálculo de la carrera del cilindro neumático

Perímetro de la circunferencia que genera la placa de 11.5 cm.

$$p = \quad D \quad (17)$$

$$p = (11,5 \text{ cm})$$

$$p = 72,25 \text{ cm}$$

Como podemos observar que el perímetro de una circunferencia es de 72,25 cm, el brazo neumático gira 90 grados por lo que deberemos dividir para cuatro y así conseguir la longitud de la carrera del cilindro neumático que se necesita para obtener el giro.

$$p = \frac{72,25 \text{ cm}}{4}$$

$$\text{Perímetro} = 18,06 \text{ cm}$$

$$\text{Carrera} = 180 \text{ mm}$$

Consumo de aire total del sistema neumático en el proceso de empaclado es de:

$$V = 112,72 \text{ l/h} + 78 \text{ l/h} + 720 \text{ l/h}$$

$$V = 910,72 \text{ l/h}$$

3.2.4 Selección de electroválvulas. Para un cilindro de doble efecto es necesario utilizar una válvula de 5/2 ya que esta podría dar la señal luego de un tiempo de espera para el avance o retorno del vástago, por el consumo se escoge un diámetro de 1/8.

3.2.4.1 Válvula para el cilindro neumático de apilado de baldosas. Esta válvula deberá accionar al cilindro, el mismo que realiza el apilado de las baldosas en el avance, cabe recalcar que el avance del vástago para la segunda baldosa en el momento de empaclado deberá reducir su carrera para poder apilar las baldosas una sobre otra en el cartón, por ello seleccionaremos una electroválvula con la que podamos controlar la distancia de avance o retorno del vástago.

Tabla 8. Parámetros técnicos de válvula 5/3

Código de adquisición	V52322E2-08 (P, E)
Tipo	Biestable 5/3
Voltaje	110V
Amparaje	3VA
Tamaño	1/8"

Fuente: Autores

Figura 41. Electroválvula 5/3 biestable



Fuente: <http://goo.gl/RQh9NG>

3.2.4.2 *Válvula para el cilindro del giro del brazo neumático.* Su función es accionar al cilindro neumático permitiéndole avanzar y retornar para trasladar la baldosa desde la sujeción hasta la colocación en el recipiente por lo que seleccionaremos una electroválvula con los siguientes parámetros técnicos.

Tabla 9. Paramentos técnicos de la válvula 5/2

Código de adquisición	V5212E2-06D
Tipo	Biestable 5/2
Voltaje	110V
Amparaje	3VA
Tamaño	1/8"

Fuente: Autores

Figura 42. Electroválvula 5/2 biestable



Fuente: <http://goo.gl/RQh9NG>

3.2.4.3 *Electrovalvula de paso.* Esta electroválvula funcionara mediante una señal digital al momento que necesitemos que pase el aire al generador de vacío y la ventosa sujete o suelte la baldosa.

Tabla 10. Parámetros técnicos de la válvula de paso

Código de adquisición	EWSLC2
Voltaje	110V
Amparaje	3VA
Tamaño	1/8"
Tipo	Válvula de paso

Fuente: Autores

Figura 43. Electroválvula de paso



Fuente: <http://goo.gl/z5dhkN>

3.2.5 *Válvula estranguladora de caudal.* Permite reducir el caudal y así reducir la velocidad de los cilindros de control de calidad, apilado de baldosas, y giro del brazo neumático.

Parámetros técnicos válvula estranguladora	Código de adquisición KLA-06
Tamaño	1/8"
Tipo	Regulador manual

Fuente: Autores

Figura 44. Válvula estranguladora



Fuente: <http://goo.gl/UYbuHa>

3.2.6 Unidad de mantenimiento (FRL). La unidad de mantenimiento ayuda a regular, lubricar y atrapar en su filtro las impurezas del aire, para tener fluido en el sistema en perfectas condiciones.

Po lo que seleccionaremos una unidad de mantenimiento en la cual podamos regular a la presión de trabajo 6 bares.

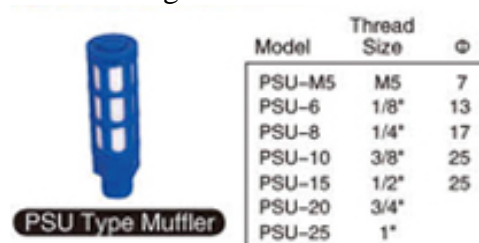
Figura 45. FRL



Fuente: <http://goo.gl/VuVYRM>

3.2.7 Selección de filtros y accesorios. El filtro silenciador y los filtros reguladores de caudal, nos ayudan disminuir el sonido del aire y regular la velocidad en el momento del avance y retorno del vástago.

Figura 46. Filtros



Fuente: <http://goo.gl/j8OV4Y>

Figura 47. Filtro regulador de caudal



Fuente: <http://goo.gl/j8OV4Y>

Figura 48. *Racores EPC6-03*



Fuente: <http://goo.gl/9GbN1o>

Figura 49. Unión TEPE 1/8"



Fuente: <http://goo.gl/9GbN1o>

Figura 50. Unión Codo EPV1/8"



Fuente: <http://goo.gl/9GbN1o>

Manguera. Conduce el aire a presión a los diferentes elementos como electroválvulas y cilindros neumáticos, por lo que necesitaremos 10 m para la instalación del sistema neumático de diámetro 6 mm.

Figura 51. *Manguera*



Fuente: <http://goo.gl/xaSbmS>

3.2.8 Selección de elementos eléctricos para el control del módulo didáctico

3.2.8.1 Selección de pulsadores.

Pulsador ON. Su función es encender completamente el circuito del proceso de empacado de baldosas

Figura 52. Pulsador ON



Fuente: <http://goo.gl/4NFJ2W>

Pulsador OFF

Figura 53. Pulsador OFF



Fuente: <http://goo.gl/4NFJ2W>

Este botón realiza tres funciones las cuales son:

- En el primer pulso detendrá el proceso inmediatamente sin importar que el ciclo no hay concluido.
- Al segundo pulso detendrá el proceso pero hará que todos los actuadores regrese a su posición inicial.
- Al tercer pulso en caso de que la ventosa esté sujetando a la baldosa el proceso se detendrá pero habrá cuatro segundos para retirar la baldosa para que no caiga bruscamente e inmediatamente regresaran los actuadores a su posición inicial.

Pulsador de emergencia. Su función es que al momento de que exista alguna falla o alguna anomalía, al pulsar parará el circuito para poder arreglar algún percance que haya existido, luego de ello podemos pulsar nuevamente este botón para que continúe el ciclo desde dónde se ha detenido.

Figura 54. Pulsador de emergencia



Fuente: <http://goo.gl/4NFJ2W>

3.2.8.2 Selección de sensores. Para seleccionar el tipo de sensor para el empacado, debemos saber que su función es detener los motores de cada banda transportadora justo en cuando la baldosa y el cartón respectivamente estén en la posición ideal para el empacado. De acuerdo a esto necesitaremos dos sensores capacitivos, ya que este sensor al momento que detecta un objeto no metal, enviará una señal para cerrar o abrir un contacto con las siguientes características.

- Sensor capacitivo NPN
- NPN: Señal de salida negativa.
- Voltaje: 24 voltios
- Proximidad: 8mm o 15 mm
- Rango hasta 15mm

Figura 55. Sensor capacitivo de proximidad



Fuente: <http://goo.gl/D5oJGq>

3.3 Diseño de los circuitos de control y potencia

3.3.1 Motor

3.3.1.1 Criterios para la selección de un motor

- Voltaje dentro de las instalaciones
- Frecuencia
- Condiciones del ambiente de trabajo del motor
- Carga a mover por el motor
- Tipo de arranque del motor
- Velocidad de trabajo del motor

Figura 56. Motor eléctrico



Fuente: <http://goo.gl/WVmm1L>

Dentro del universo de motores eléctricos, el motor jaula de ardilla es el más común y de uso más generalizado por diversas razones:

- Bajo costo
- Bajo mantenimiento
- Fácil de adquirir
- Alto grado de protección
- Pocos componentes

3.3.1.2 Selección del motor eléctrico. En base a la potencia calculada de 0,17HP debe seleccionar un motor con una potencia normalizada con las siguientes características:

Figura 57. Selección del motor

MOTOR MONOFASICO WEG AC-3 - 4 Polos - 60Hz				
Motor Carcasa NEMA		Motor Carcasa IEC		
110VCA HP	220VCA HP	110VCA HP	220VCA HP	440VCA HP
-	1/8	-	0,16	-
-	1/6	-	-	-
-	1/4	-	-	-
1/8	1/3	0,16	0,25	-
1/6	-	-	0,33	-
1/4	1/2 - 3/4	0,25	0,5	-
1/3	-	0,33	0,75	-
-	1	-	-	-

Fuente: (WEQ, 2013)

- Potencia del motor =0,25HP
- Número de revoluciones=1730rpm
- Voltaje= 110VAC o 220 VAC
- Amperaje = 5 A o 2.5A
- Rendimiento=85%

3.3.1.3 Cálculo de la potencia real del motor

Para calcular la potencia real del motor utilizamos la ecuación 6

$$P = P_m \cdot \eta \quad (6)$$

Dónde:

P: Potencia requerida por el sistema, en HP.

P_m : Potencia del motor, en HP.

η : Rendimiento del motor

$$P=0.25\text{HP} \cdot 0.85$$

$$P=0.20\text{HP}$$

$$0.17\text{HP}=0.20\text{HP}$$

El motor que hemos seleccionado cubre la potencia necesaria para el sistema

Los consumidores o señales de salida funcionaran a 110VAC y la selección se puede realizar con el amperaje que necesitan los motores para su arranque y este dato está registrado en su placa de datos técnicos que es de 5 amperios.

3.3.2.1 Selección de relés.

- 55 -

Figura 59. Relé encapsulado NJX-13FW



Fuente: <http://goo.gl/uhYTfB>

Figura 60. Características del relé NJX-13FW

Contactos		2C
Resistencia de contacto inicial	mΩ	100
Material del contacto		Aleación de plata
Carga nominal (resistiva)		10A/220Vca, 10A/28Vcc
Tensión máxima	Vca	250
	Vcc	125
Corriente máxima	A	10
Potencia máxima	VA	2200
	W	280
Resistencia eléctrica	Maniobras($\times 10^6$)	100
Resistencia mecánica	Maniobras($\times 10^6$)	10

Fuente: <http://goo.gl/sn7P1k>

3.3.2.1 Selección de luces piloto. La función que cumple es la de indicar el funcionamiento de los motores y del sistema.

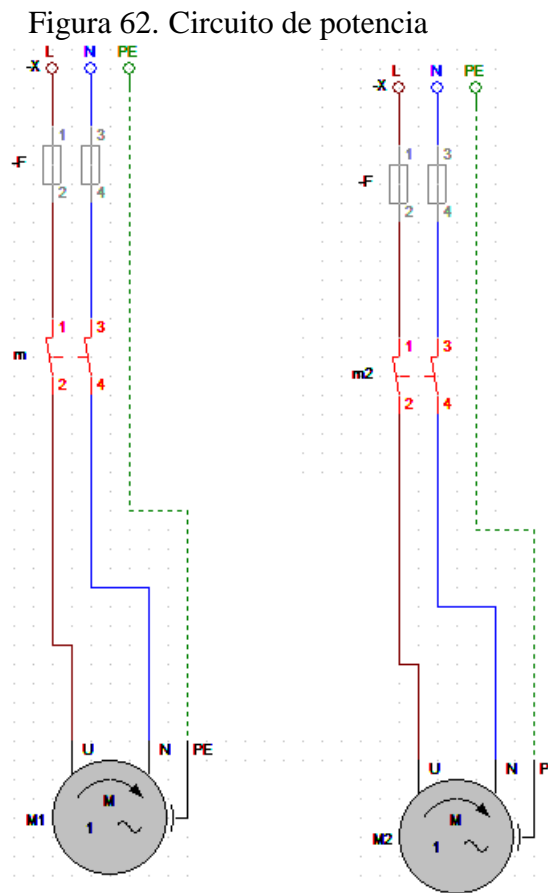
Indicador del encendido del proceso. Nos ayudará a indicar cuando el módulo didáctico esta en funcionamiento

Figura 61. Luz piloto verde



Fuente: <http://goo.gl/W9UcFf>

3.3.3 Diagrama del circuito de potencia. En el circuito de potencia obtendremos los elementos que mantendrán protegidos a nuestros motores debido a que su amperaje es de mayor rango que los otros dispositivos eléctricos que se encuentran en el procesos de empackado de baldosas.



Fuente: Autores

En el circuito de potencia obtendremos los elementos que mantendrán protegidos a nuestros motores debido a que su amperaje es de mayor rango que los otros dispositivos eléctricos que se encuentran en el procesos de empackado de baldosas.

3.3.3.1 Selección de braker. Debido al amperaje máximo de cada motor que es de 5 Amperios podemos decir que no es necesario utilizar un braker ya que estos vienen dimensionados para un mayor rango de amperaje es decir mayor de 20 amperios, por lo que se debe escoger un portafusible y un fusible de:

- 10 amperios. Para la protección de los motores.
- 2 amperios. Para la protección de las electrovalvulas, sensores y pulsadores

- *1 amperio*. Para la protección de PLC.


Figura 63. Braker



Fuente: <http://goo.gl/iR836R>

3.3.3.2 Selección del guardamotor. La selección del guardamotor es muy importante ya que va ir conectado antes del motor y es un dispositivo termomagnético que actúa frente a las sobre intensidades que pueden existir, el cual abre el circuito y no permite el paso de las sobre intensidades.

Figura 64. Selección de guardamotor

MOTOR MONOFASICO WEG AC-3 - 4 Polos - 60Hz					Referencia básica para completar con potencia, tensión y accionamiento.*	Rango de ajuste del relé de sobrecarga (A)	Máxima corriente nominal Ie (A)	Fusible recomendado (A)
Motor Carcasa NEMA		Motor Carcasa IEC						
110VCA HP	220VCA HP	110VCA HP	220VCA HP	440VCA HP				
-	1/8	-	0,16	-	DLWM02- 	(1,2 - 1,8)	1,8	4
-	1/6	-	-	-		(1,8 - 2,8)	2,8	4
-	1/4	-	-	-		(1,8 - 2,8)	2,8	6
1/8	1/3	0,16	0,25	-		(2,8 - 4)	4	6
1/6	-	-	0,33	-		(2,8 - 4)	4	10
1/4	1/2 - 3/4	0,25	0,5	-		(4 - 6,3)	6,3	10
1/3	-	0,33	0,75	-		(5,6 - 8)	7	10
-	1	-	-	-		(5,6 - 8)	7	16

Fuente:(WEQ, 2013 pág. 4)

El fabricante de motores **WEG** recomienda arrancadores para maniobra y protección de motores eléctricos de ¼ HP que vayan desde 4A a 6.3 A, además recomienda un fusible de 10 A para cada motor de este tipo.

Figura 65. Guardamotor

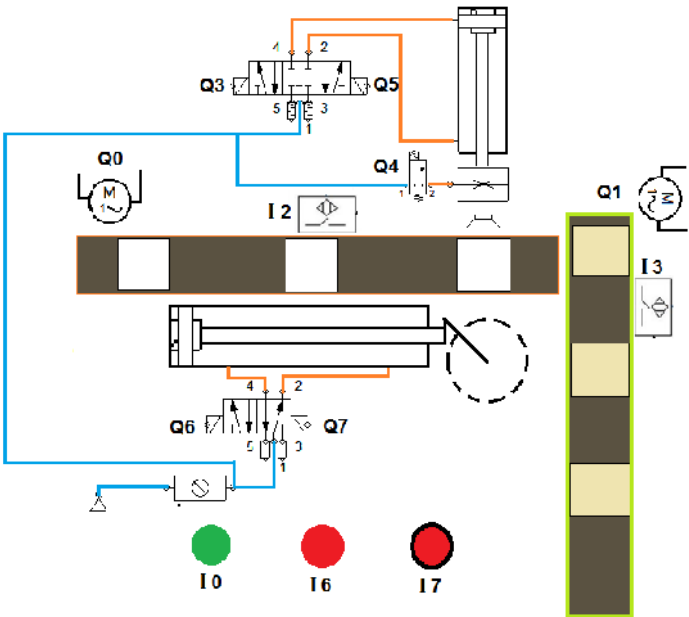


Fuente: <http://goo.gl/M5ByZv>

3.4 Selección del PLC (Controlador Lógico Programable)

En el circuito electroneumático obtenemos los elementos necesarios para el proceso de empackado de baldosas los cuales se detalla en la siguiente figura.

Figura 66. Circuito electroneumático



Fuente: Autores

Tabla 11. Entradas y salidas del proceso

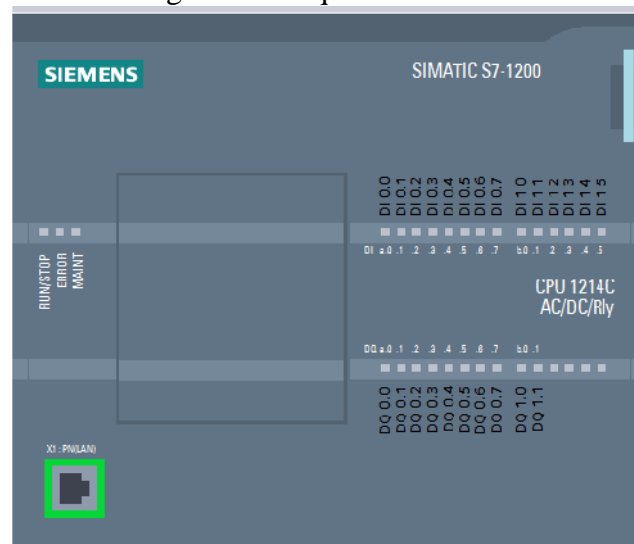
Entradas (I)		
1	I ₀	Pulsador START
2	I ₂	Sensor baldosas
3	I ₃	Sensor recipientes
4	I ₆	Pulsador STOP
5	I ₇	Pulsador EMG
Salidas (Q)		
1	Q ₀	Motor banda 1
2	Q ₁	Motor banda 2
3	Q ₃	Avance del cilindro A
4	Q ₄	Ventosa
5	Q ₅	Retorno del cilindro A
6	Q ₆	Avance del cilindro B
7	Q ₇	Retorno del cilindro B

Fuente: Autores

Según las características del sistema de empaqueo requiere un PLC con 7 salidas (Q) a 110VAC y 5 entradas (I) a 24VDC por lo tanto, se escoge un PLC Siemens S 7-1200 12 14 AC/DC/RLY por:

- Alimentación con corriente alterna 110VAC o 220VDC
- Tiene entradas a 24 VDC (sensores, pulsadores)
- Salidas tipo relé 110VAC o 220VAC (motores, electroválvulas, luces piloto)
- Software demo por 3 meses
- Es el más usado en las industrias
- Conexión HMI
- Memoria interna de 50kb
- Número de entradas (I) 14
- Número de salidas (Q) 10

Figura 67. Esquema del PLC



Fuente: Autores

3.5 Construcción y montaje del módulo didáctico

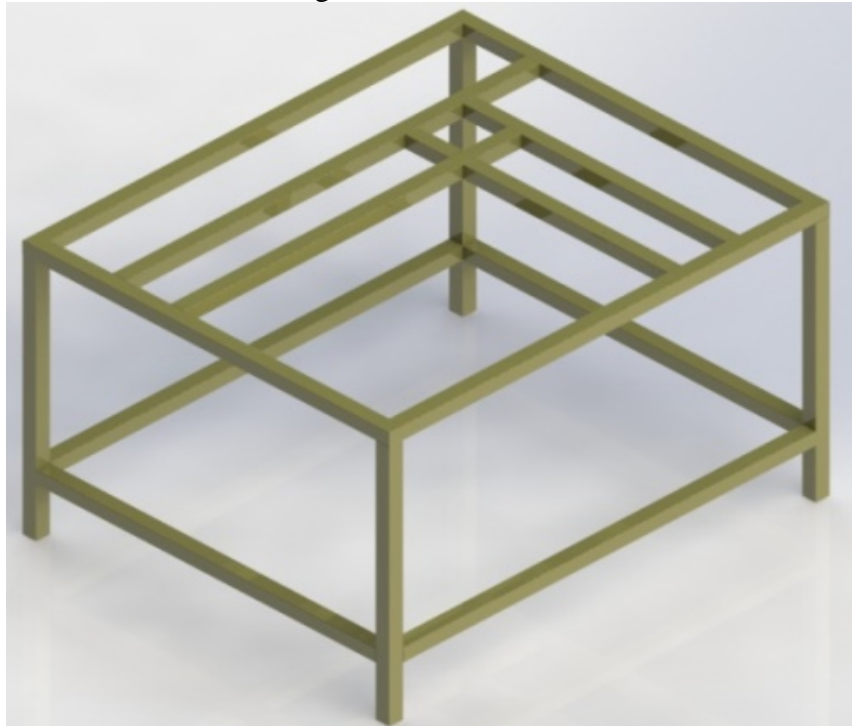
Una vez seleccionado todos los elementos y accesorios precedemos a su construcción

3.5.1 Construcción de la estructura

- Corte del tubo cuadrado con sus distintas medidas

- Soldado de los elementos estructurales.

Figura 68. Estructura

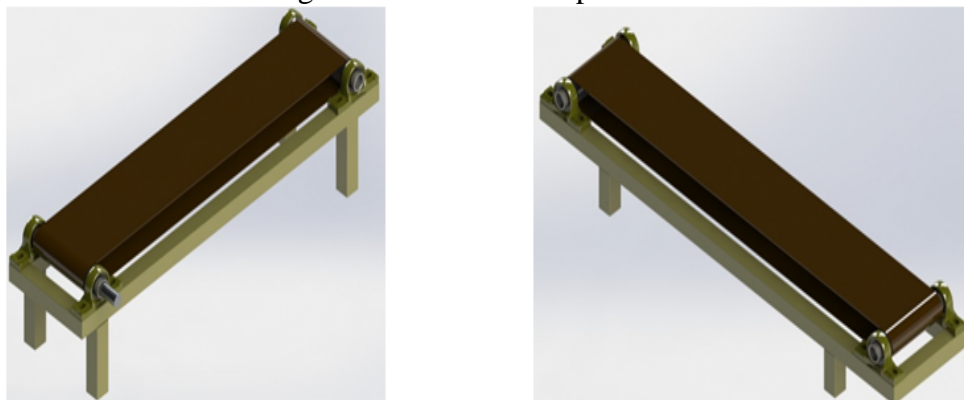


Fuente: Autores

3.5.2 Construcción de las bandas transportadoras.

- Construcción de los rodillos para la sujeción de las bandas.
- Ubicación de las chumaceras y rodillos.
- Colocación de la banda en los rodillos y templado de la misma.
- Colocación de guías en cada banda transportadora.

Figura 69. Bandas transportadora

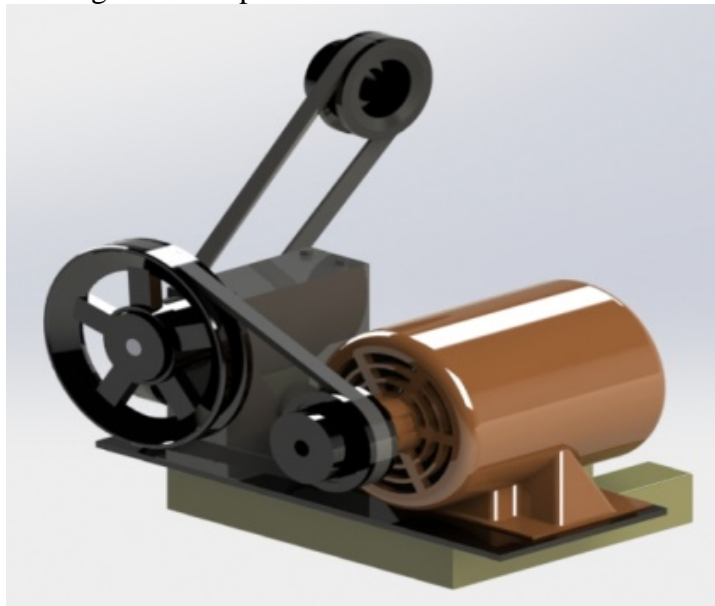


Fuente: Autores

3.5.3 Construcción de las estructuras en voladizo y montaje del sistema de transmisión.

- Construcción de la placa que servirá como base para la caja reductora y motor.
- Colocación de las poleas en un rodillo de cada banda transportadora, en la caja reductora y motor
- Colocación de las distintas bandas en tipo A en las poleas para la transmisión de movimiento.
- Colocación del sistema de transmisión en la estructura en voladizo y alineación del mismo.

Figura 70. Soporte del sistema de transmisión



Fuente: Autores

3.5.4 Formación del brazo neumático

- Construcción de la base.
- Colocación de dos rodamientos en la base.
- Montaje del eje.
- Construcción de la sujeción del cilindro neumático (apilado de baldosas).
- Construcción de la placa para el acople del cilindro neumático con el brazo neumático
- Construcción de la base y colocación del cilindro neumático (Generador de giro).

Figura 71. Brazo neumático

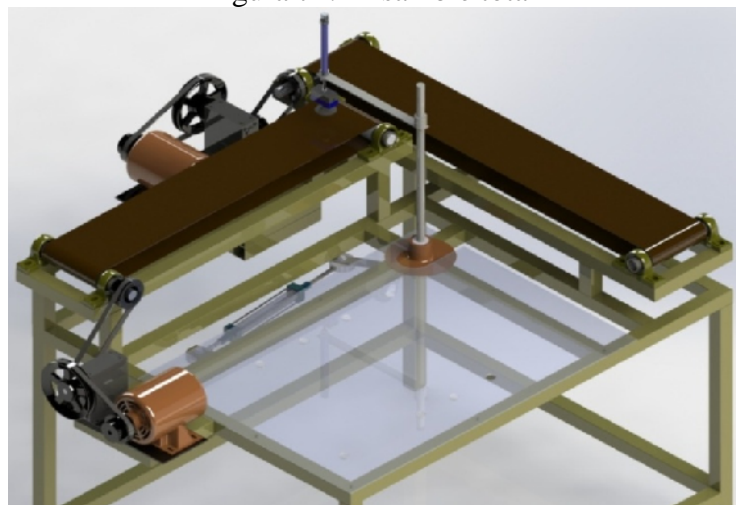


Fuente: Autores

3.5.5 *Montaje del módulo didáctico.* Montaje de las partes del módulo y colocación de:

- Cilindros neumáticos.
- Generador de vacío.
- Ventosa.
- Sensor fotoeléctrico.
- Sensores capacitivos.
- FRL.
- Pintado de los elementos estructurales.

Figura 72. Ensamble total

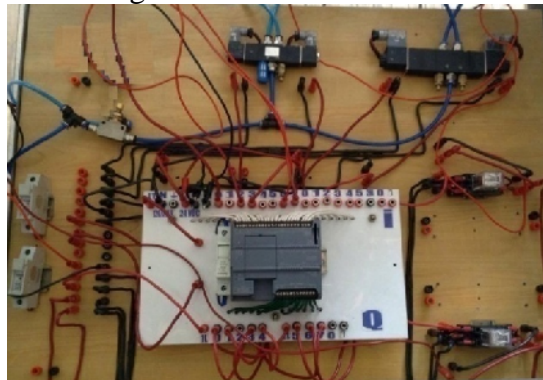


Fuente: Autores

3.5.6 Construcción del panel de control

- Fuentes de alimentación
- Válvulas electroneumática.
- Guarda motores
- Relés encapsulados,
- Portafusibles.

Figura 73. Panel de control

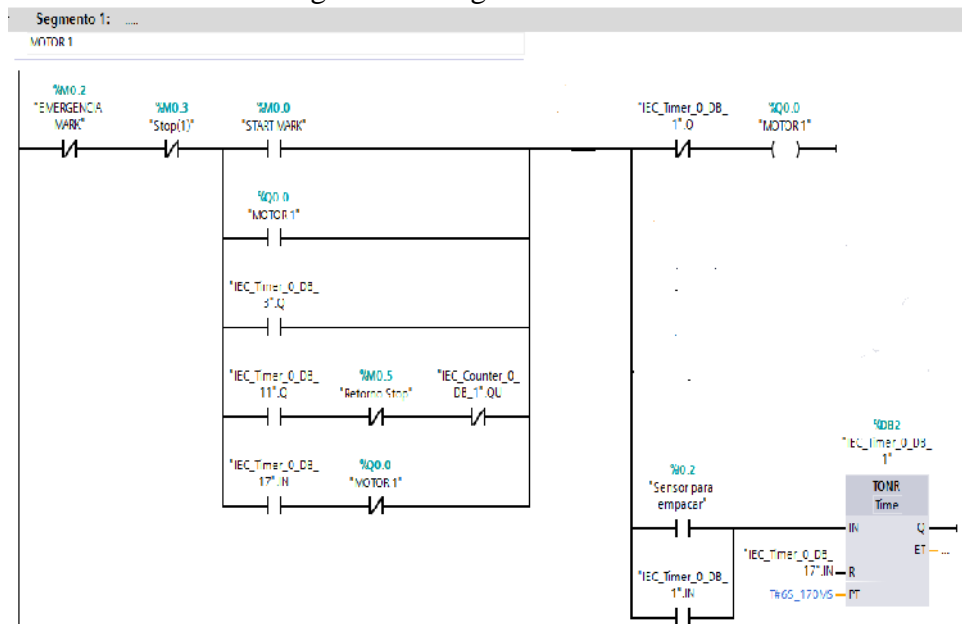


Fuente: Autores

3.6 Programación del PLC

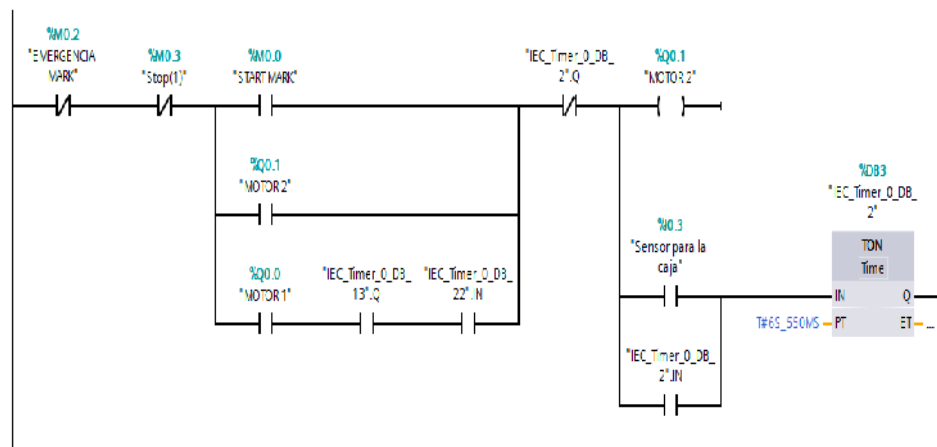
3.6.1 Diagrama LADDER

Figura 74. Diagrama LADDER



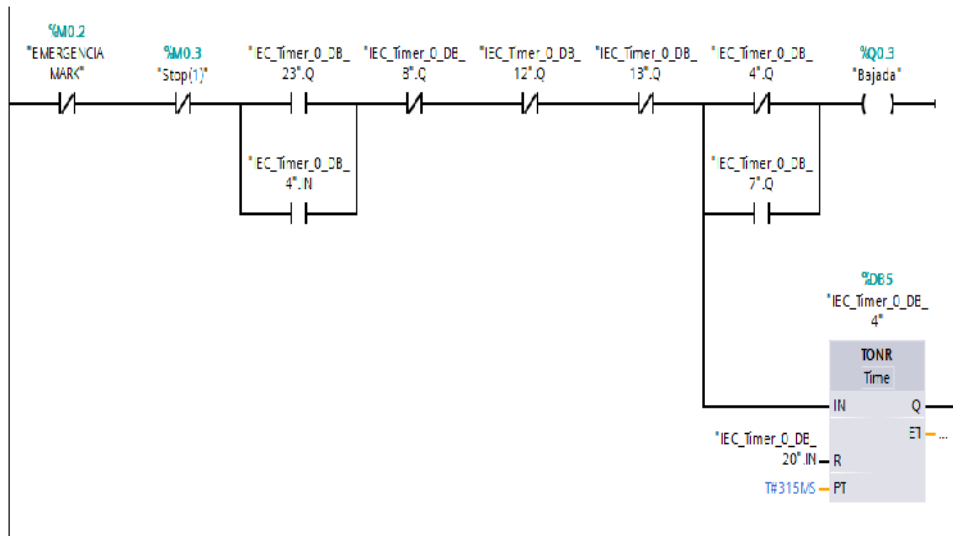
▼ Segmento 2: ...

MOTOR 2



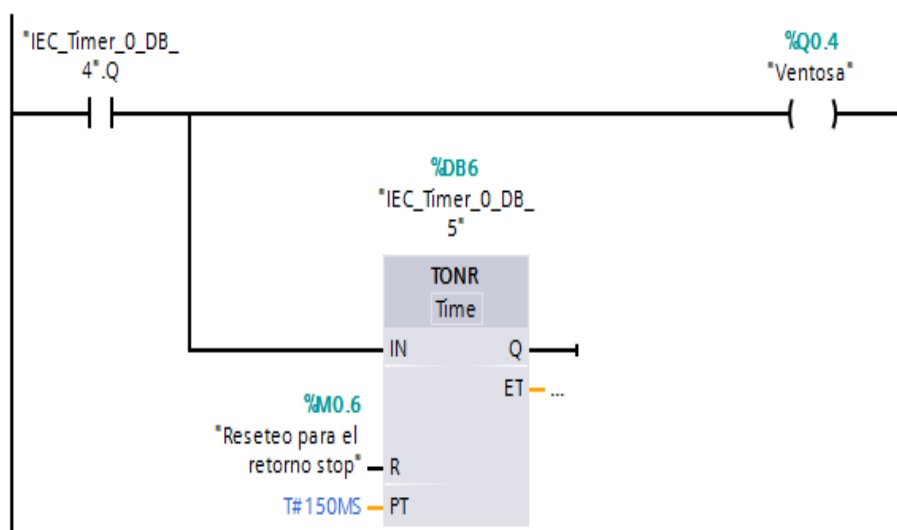
▼ Segmento 4: ...

Bajada



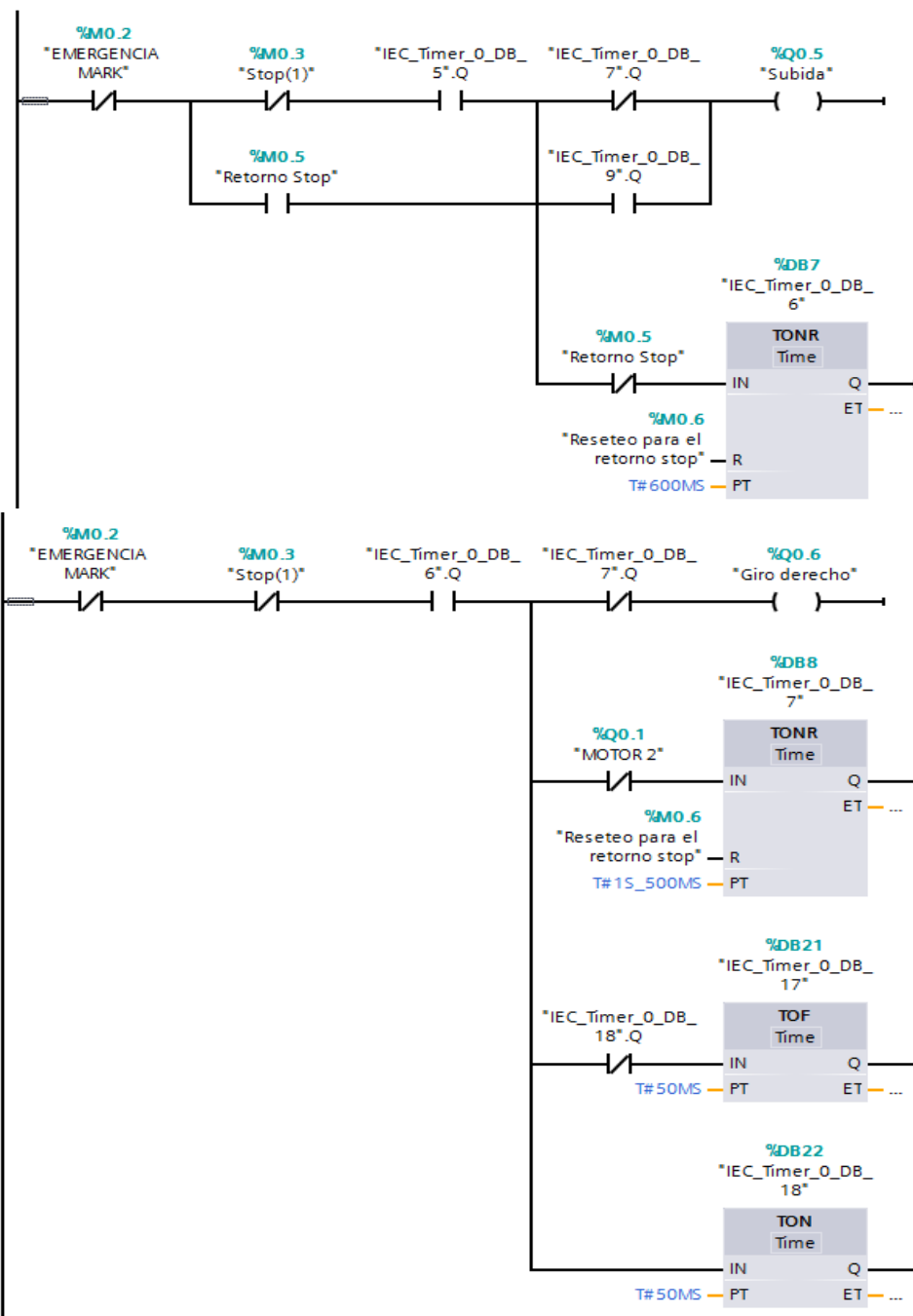
▼ Segmento 5: ...

Ventosa



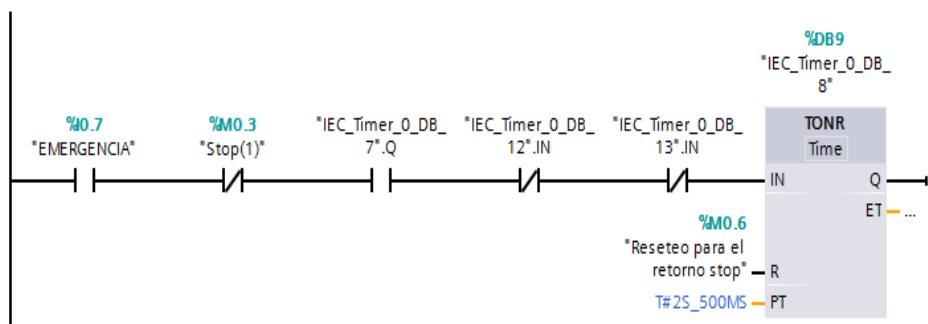
▼ Segmento 6:

Subida



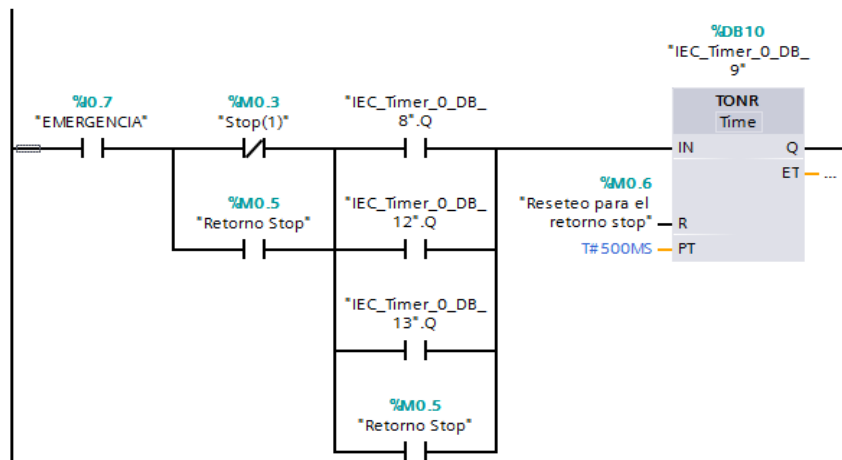
▼ Segmento 8:

Bajada 1



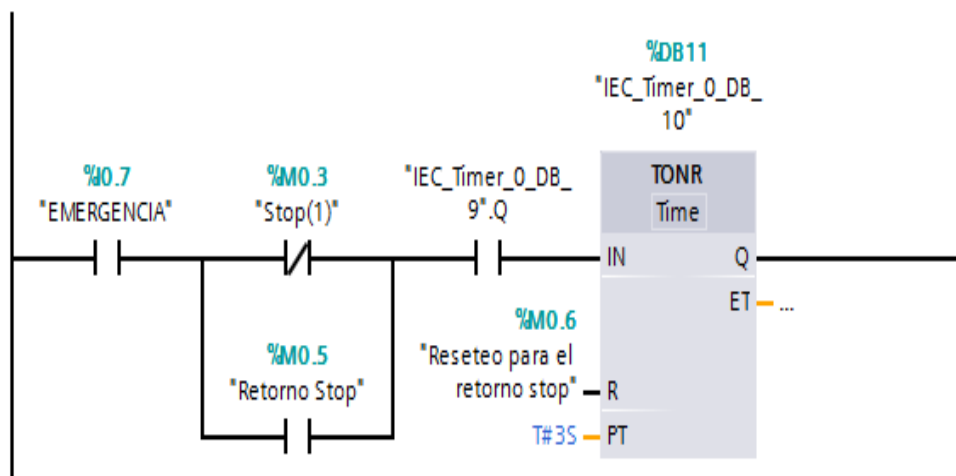
▼ Segmento 9:

Espera después de soltar a la ventosa



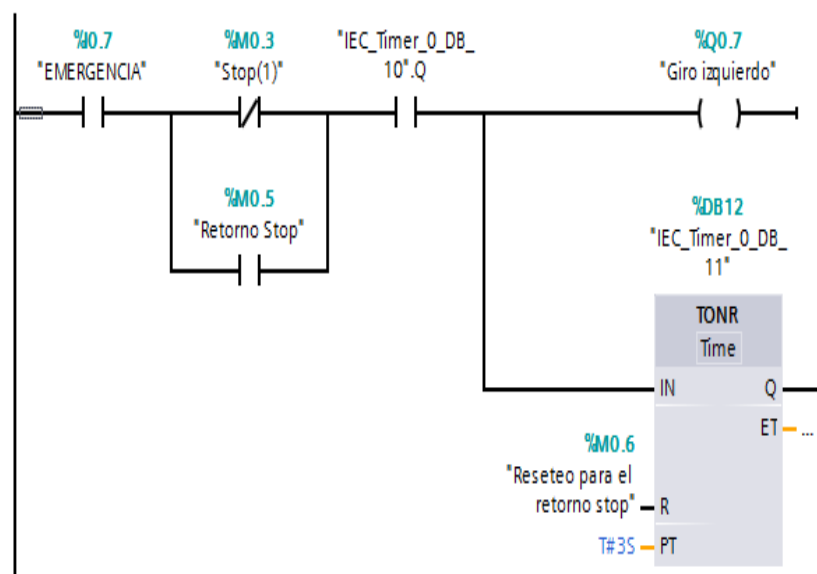
▼ Segmento 10:

Subida larga



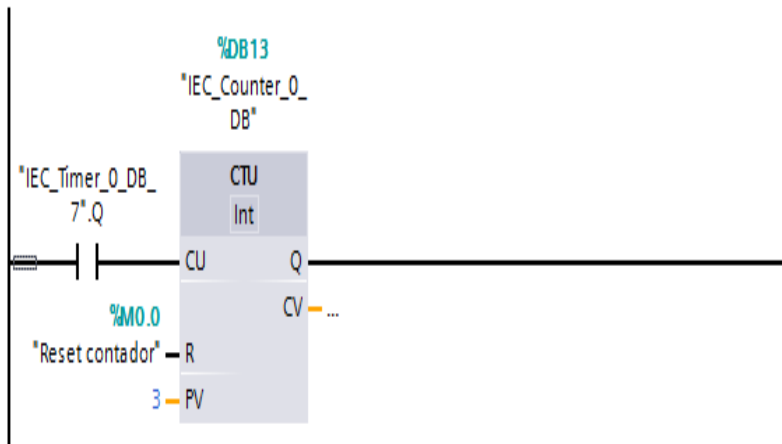
▼ Segmento 11:

Giro izquierdo



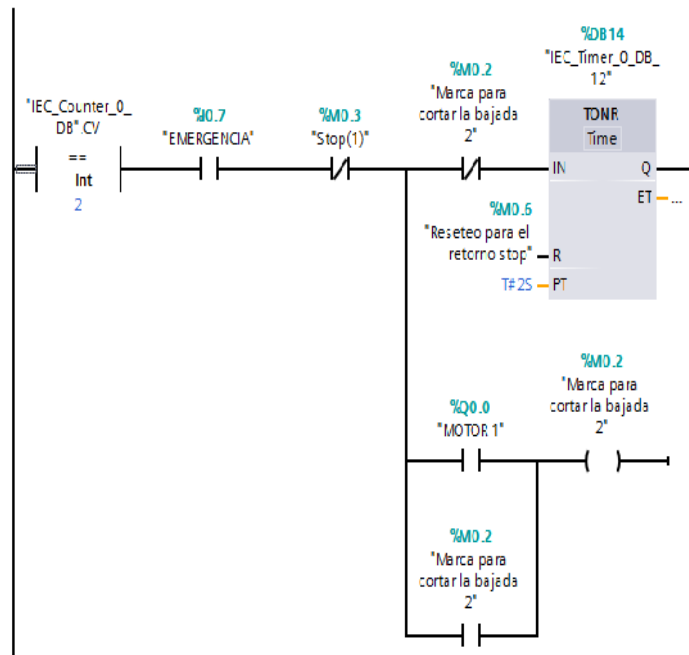
▼ Segmento 12:

Contador



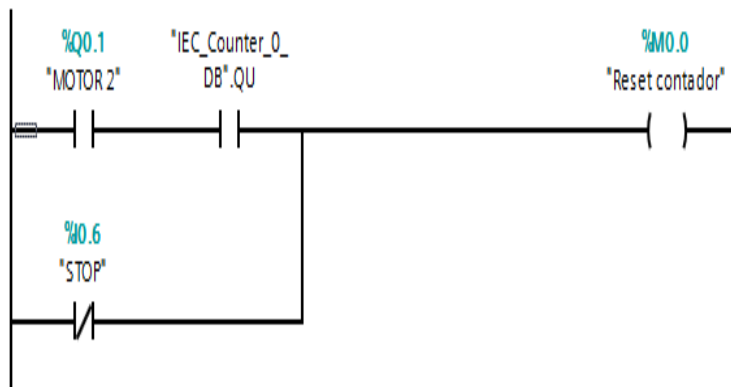
▼ Segmento 13:

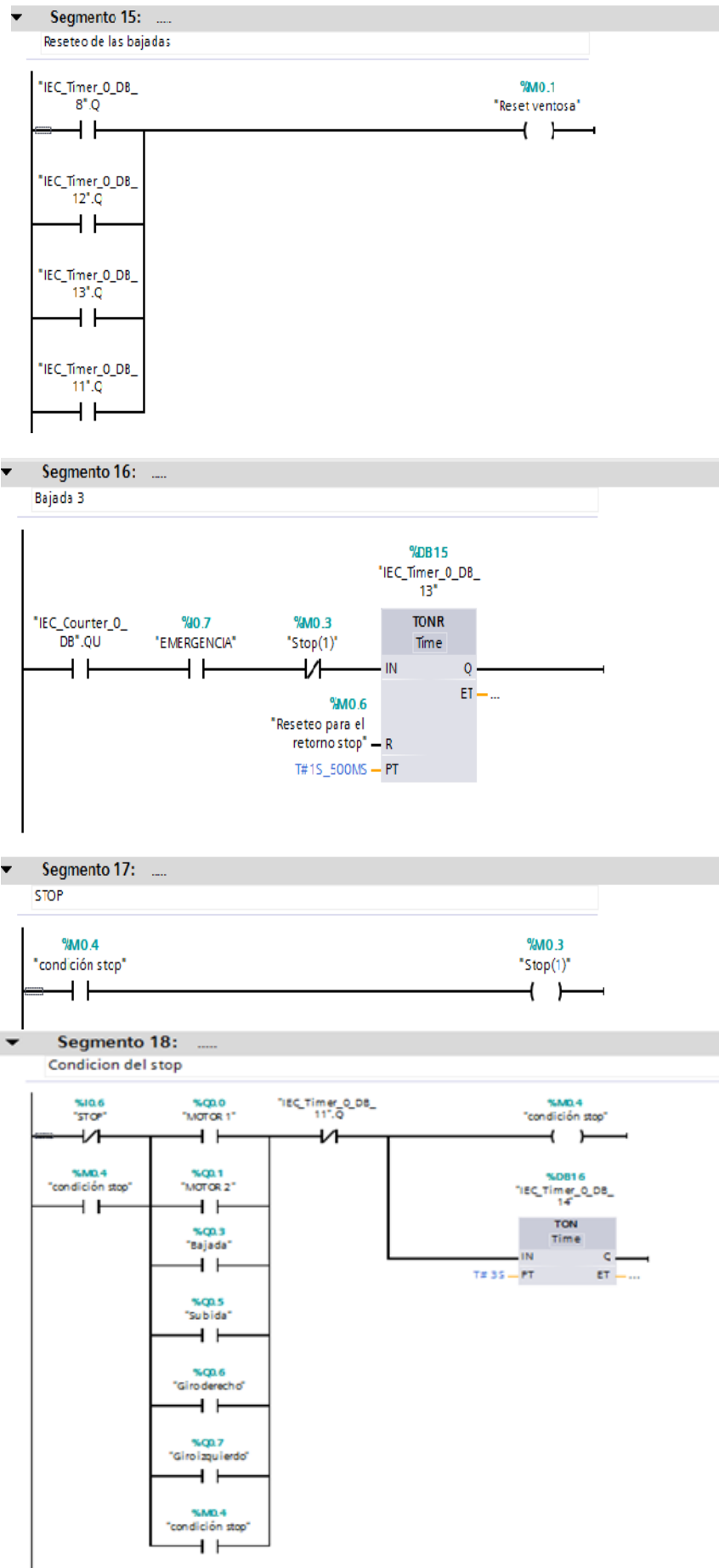
Bajada 2

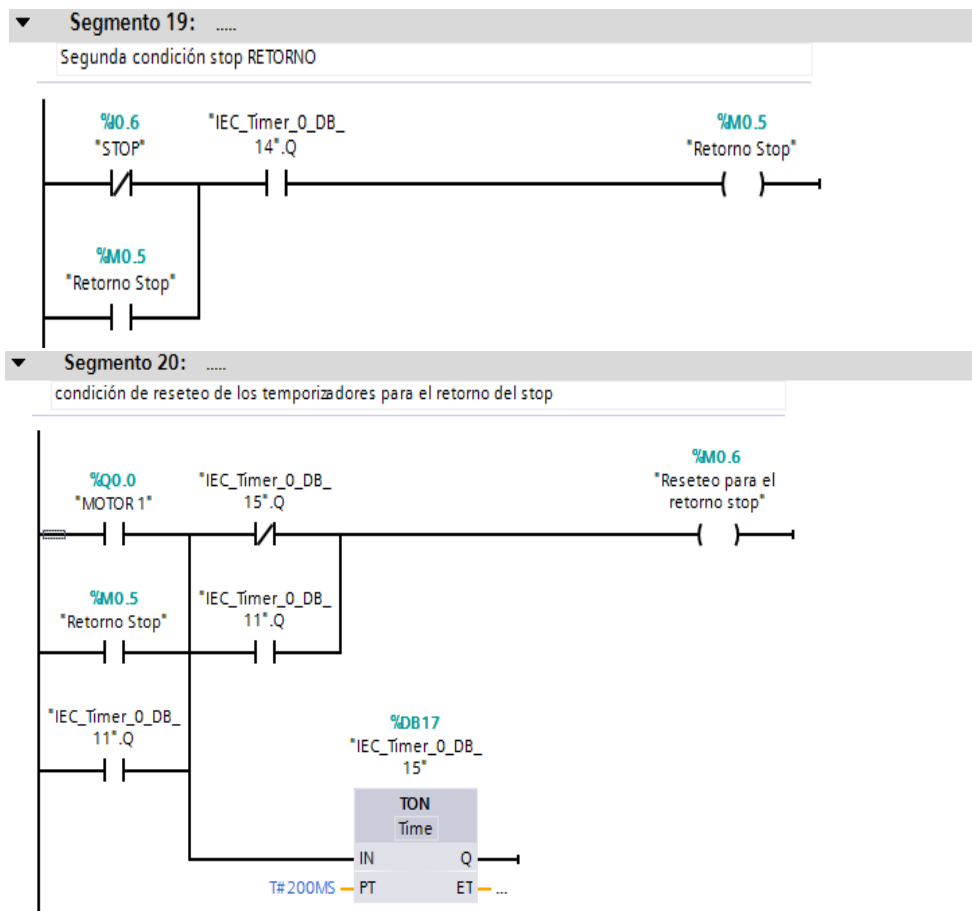


▼ Segmento 14:

Reseteo del contador



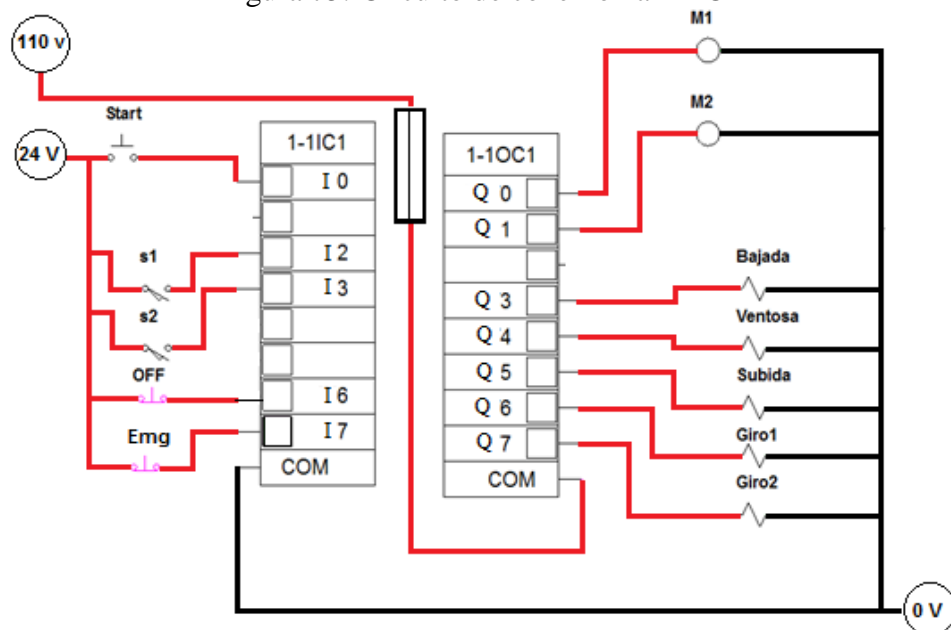




Fuente: Autores

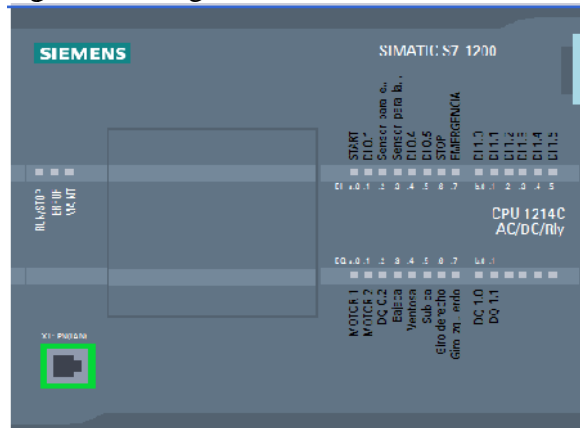
Se describe la secuencia de programación para el empacado de baldosa

Figura 75. Circuito de conexión al PLC



Fuente: Autores

Figura 76. Asignación de variables en el PLC

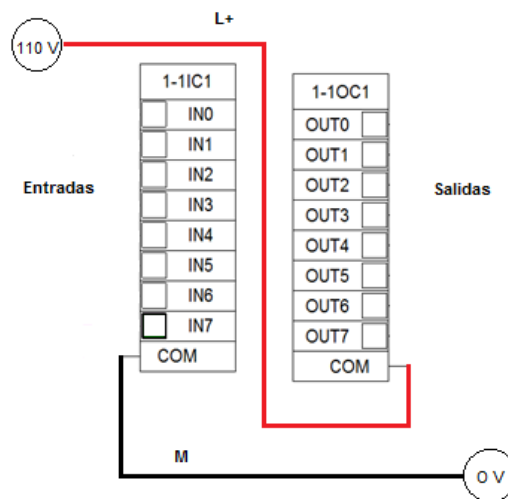


Fuente: Autores

3.7 Diagramas de instalación.

3.7.1 Diagrama de instalación del PLC. El PLC seleccionado debe ser energizado en la fuente de alimentación de 110VAC es decir, el símbolo L+ será la línea que irá conectada a la fase de la fuente y el símbolo M será conectado a la línea del neutro de la fuente de alimentación.

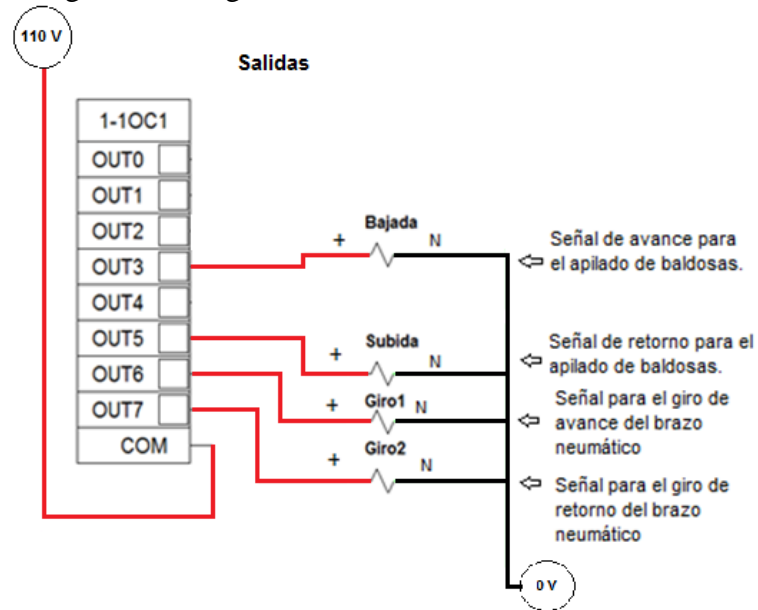
Figura 77. Instalación del PLC



Fuente: Autores

3.7.2 Diagrama de instalación de electroválvulas. Las electroválvulas tienen dos solenoides, el cual funciona con energía eléctrica mediante una línea y una línea fase de color rojo irá conectado a una de las salidas del PLC, por lo que cada válvula deberá ser identificada con el número de salida para una adecuada conexión. (Q3, Q5; Q6, Q7).

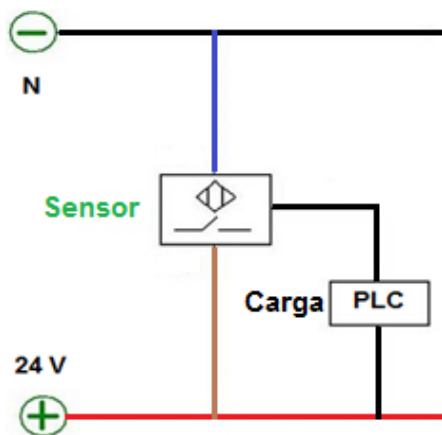
Figura 78. Diagrama de instalación de electroválvulas



Fuente: Autores

3.7.3 Diagrama de instalación de sensor capacitivo. La conexión para el sensor capacitivo de tres hilos se realiza mediante el cable de color café que se conecta a la fase y el cable de color azul conectado al neutro de la fuente de alimentación de 24 V, y finalmente el cable de color negro se conectará a una de las varias entradas del PLC de acuerdo al número de entrada que haya sido identificada (I2 e I3) respectivamente.

Figura 79. Diagrama de instalación de sensor de proximidad



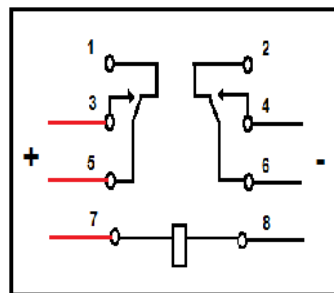
Fuente: Autores

3.7.4 Diagrama de instalación de relés encapsulados. Este tipo relé abre o cierra un contacto mediante una señal eléctrica para que trabaje o se detenga un consumidor, por lo que es necesario para el funcionamiento de un motor.

El relé que hemos seleccionado tiene 8 contactos por lo que los contactos # 8 ira conectada al neutro de la fuente de alimentación de 110VAC para energizar al relé y # 7 se conectara a la salida ya identificada del PLC (Q0, Q1) respectivamente para cada motor.

Los contactos # 5 y # 6 son los comunes para poder cerrar o abrir el circuito interno del relé por lo que estos también deberán conectarse a la fase y neutro de la misma fuente de alimentación respectivamente, finalmente los contactos # 3 será para la línea fase y # 4 será para la línea neutro por lo que permitirán cerrar el circuito para encender un consumidor, en este un motor.

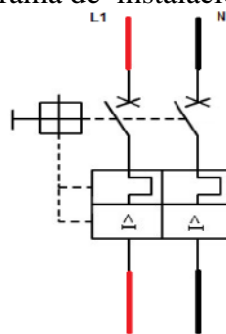
Figura 80. Diagrama de instalación de relé encapsulado



Fuente: Autores

3.7.5 Diagrama de instalación de guardamotores. La instalación de los guarda motores seleccionados es simple ya que no altera la forma de conexión de los conductores, por lo tanto debemos saber que los contactos # 3 y # 4 del relé nos servirán como entradas para energizar el guardamotor y finalmente debemos escoger dos salidas comunes a los contactos mencionados para energizar el motor que servirá para la protección del mismo.

Figura 81. Diagrama de instalación de guardamotor

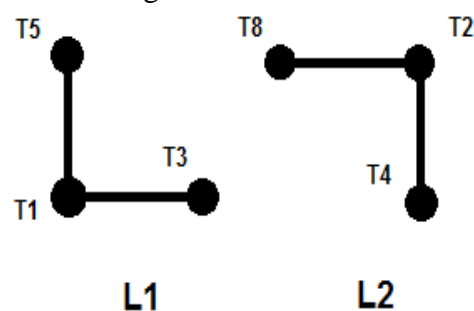


Fuente: Autores

3.7.6 Diagrama de instalación de motores. Para conectar el motor existen 6 cables de distinto color, por lo que con ayuda de la placa de datos podemos verificar como se realiza la agrupación de cables para formar una fase y neutro para un voltaje de 110 V y obtuvimos que los cables (Negro T5, Azul T1 y Naranja T3) serán la fase y el segundo grupo de cables (Rojo T8, Blanco T2 y Amarillo T4) o también se puede verificar con un voltímetro la continuidad que presentan cada uno de estos cables y será el neutro para conectar a dos de las tres líneas que tiene el guardamotor.

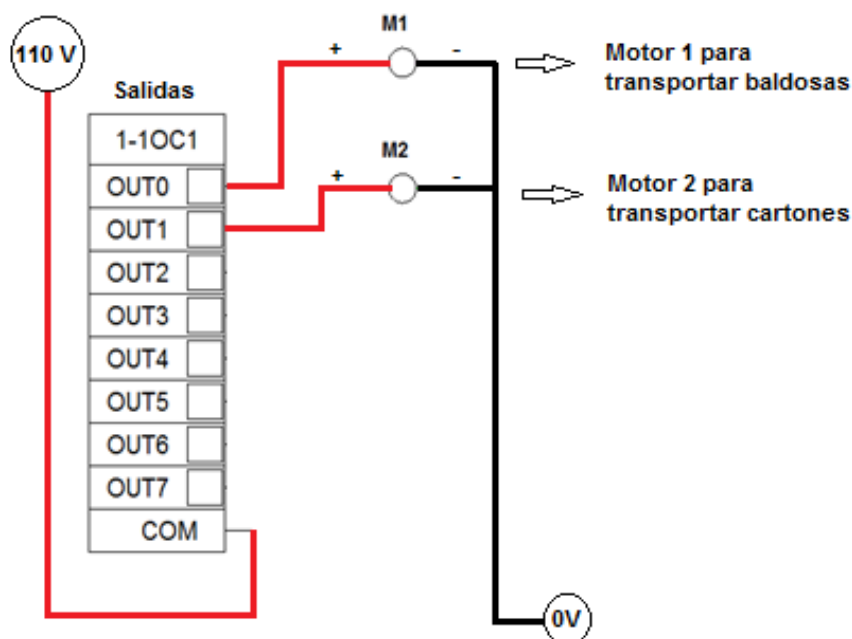
Luego de ello la línea L2 irá conectado al neutro de la fuente de alimentación de 110 V y la línea fase irá conectado a una de las salidas del PLC según como hayan sido identificadas para cada motor (QO, Q1).

Figura 82. Diagrama de instalación de motor



Fuente: Autores

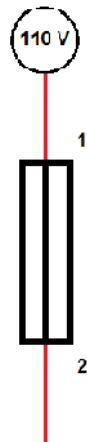
Figura 83. Conexión de motor a PLC



Fuente: Autores

3.7.7 Diagrama de instalación de porta fusibles. Los portafusibles que utilizaremos nos servirán para que en caso de que exista una anomalía o se realice una mala conexión proteja a todo el sistema, a los motores y al PLC, por lo que irán conectados antes de cada elemento e indistintamente pero siempre en la línea fase ya que con esta línea energizamos todos los elementos.

Figura 84. Diagrama de instalación de fusible

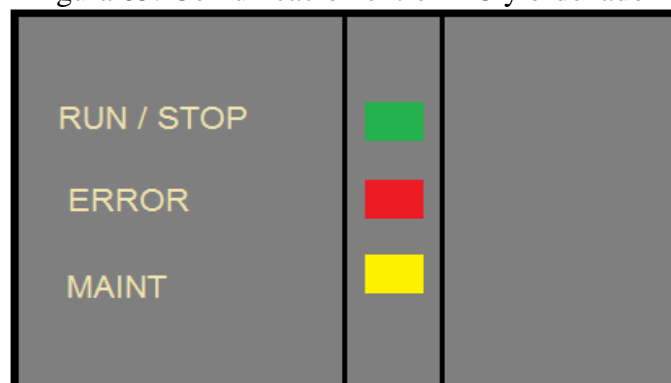


Fuente: Autores

3.8 Comunicación entre el PLC y ordenador

Para realizar la comunicación entre el PLC y el ordenador es indispensable el cable de datos Ethernet, por lo que cada PLC tiene su tipo de cable, caso contrario no se podrá realizar la comunicación, para realizar la comunicación o interfaz, debemos conectar el cable de datos al PLC y al ordenador luego de esto, los tres focos (RUN/STOP, ERROR, MAINT) del PLC deben parpadear varias veces con lo cual aseguramos que el PLC está listo para ser utilizado.

Figura 85. Comunicación entre PLC y ordenador



Fuente: Autores

3.9 Pruebas y puestas a punto del módulo

Después de seleccionar los dispositivos y elementos para el módulo didáctico debemos realizar pruebas, es decir:

- Realizar la conexión de la fuente del fluido (compresor) con lo cual regularemos el FRL para conseguir una presión de trabajo de 6 bares y comprobar el funcionamiento de cada cilindro.
- Regulación de los filtros estranguladores de cada electroválvula los cuales nos ayudan a conseguir una velocidad adecuada de avance y retorno los distintos cilindros neumáticos.
- Comprobación de la presión de vacío si consigue la absorción del objeto (baldosa).
- Pruebas manuales de las electroválvulas con lo cual comprobamos que no exista ninguna fuga en las conexiones neumáticas.
- Conexión de la fuente de energía de 110VAC para comprobar la alineación de las bandas transportadoras.
- Encender los sensores y determinar el tiempo de los temporizadores que permitirán retrasar la desconexión de los motores e inmediatamente sincronizar el proceso de apilado y empacado de las baldosas.
- Realizar la conexión de los dispositivos de potencia y control del módulo didáctico como: relés encapsulados, guardamotors, y motor con ayuda de conductores para determinar la apropiada conexión de los relés encapsulados según el diagrama de conexión y para posteriormente comprobar su funcionamiento.
- Realizar las conexiones del PLC con la regleta de alimentación eléctrica y comprobación del funcionamiento de los pulsadores, electroválvulas motores, sensores
- Posteriormente la conexión del cableado para las distintas entradas (I) y salidas (Q).
- Montaje de protecciones y guardas para los sistemas de transmisión y sistemas de control.

CAPÍTULO IV

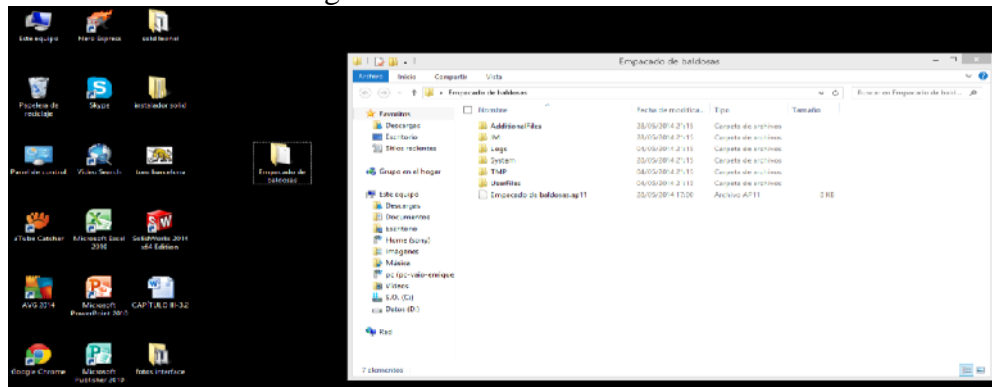
4 MANUAL DE OPERACIÓN, DE MANTENIMIENTO Y GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO.

4.1 Interfaz ordenador-PLC

Para realizar la interfaz ordenador-PLC se necesita un enlace que es un cable Ethernet y se lo realiza en el siguiente orden:

- Seleccionamos la carpeta y abrimos el archivo (Empacado de baldosas).

Figura 86. Selección de archivo



Fuente: Autores

- Luego de abrir el archivo, seleccionamos en la pestaña (Vista del proyecto)

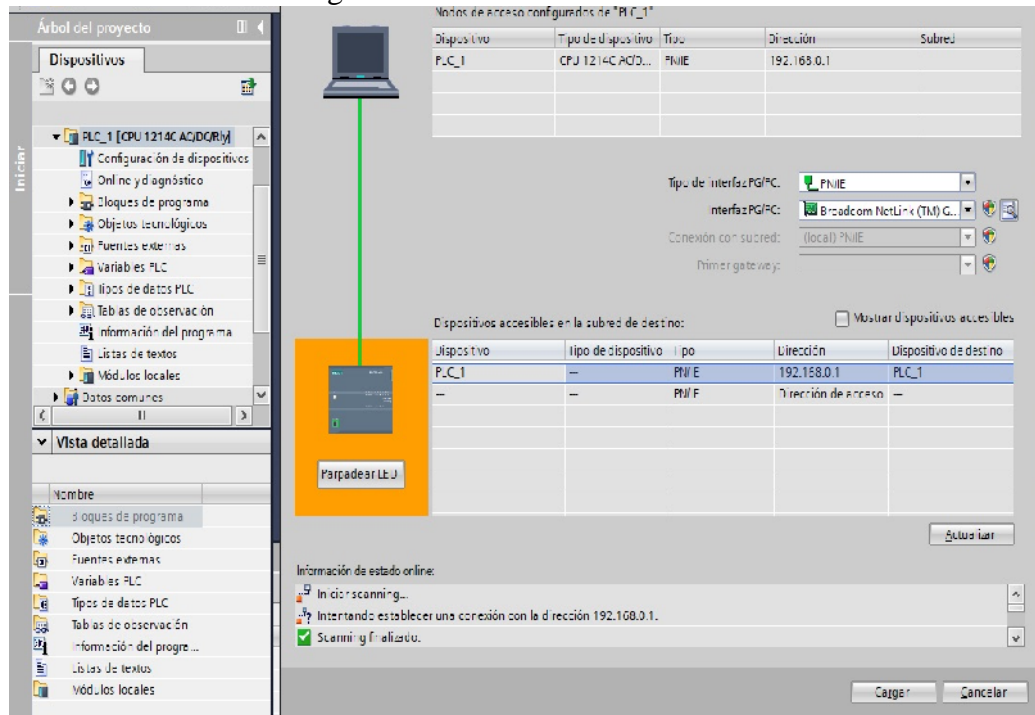
Figura 87. Selección de vista del proyecto



Fuente: Autores

- Seleccionamos el tipo de interfaz la opción (PN / IE) y en los dispositivos accesibles seleccionamos el plc de destino o con el que estamos realizando la interfaz y finalmente seleccionamos cargar.

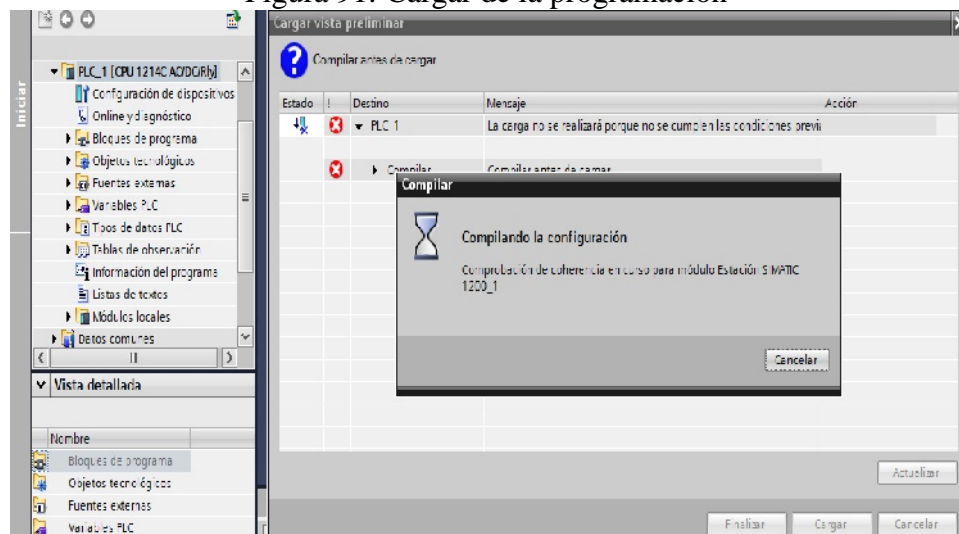
Figura 90. Interfaz PLC-ordenador



Fuente: Autores

- Podemos observar que se está compilando la configuración o reuniendo toda la información seleccionada.

Figura 91. Cargar de la programación



Fuente: Autores

Inmediatamente luego nos aparecerá una nueva ventana en la cual seleccionaremos la opción (Aplicar todas) para poder comprobar que en todos los ítems seleccionados no haya ningún error.

Finalmente observaremos que al seleccionar la opción (cargar) por segunda vez, se asignara toda la configuración e inmediatamente procedemos a correr el programa y realizar las pruebas y la sincronización final de todos los elementos para el proceso de empackado de baldosas.

4.2 Manual de operación

El objetivo de este manual, es guiar al usuario sobre la correcta utilización del módulo didáctico para el empackado de baldosas que está compuesto por una serie de elementos eléctricos, electrónicos, mecánicos, neumáticos.

Los cuales representan un riesgo al momento de manipular dicho equipo, el siguiente manual de operación detalla la forma básica de utilización del módulo didáctico.

Vale recalcar que el proceso de empackado de baldosas está basado en el principio fundamental de prevención de cualquier tipo de riesgo presente, ya que durante este en marcha el módulo didáctico no se podrá modificar el proceso alterando la posición de los recipientes, baldosas, ni mucho menos acercarse cuando está en funcionamiento el brazo neumático.

4.2.1 Indicaciones para su utilización.

4.2.1.1 Indicaciones de seguridad. En la actualidad la ejecución de diferentes procesos, demanda la utilización de máquinas, las mismas que son alimentadas con energía eléctrica, neumática. El exceso de confianza de las personas, las mismas que han llevado a un sin número de accidentes que afectan a la salud, el medio ambiente y los equipos, por estas razones se recomienda lo siguiente:

- Siempre realizar una inducción antes de empezar a trabajar con el módulo didáctico para evitar los actos inseguros.
- Comprobar que los ductos de aire estén todos conectados.

- Revisar las conexiones eléctricas estén completamente aisladas.
- Proteger los elementos de transmisión de las bandas transportadoras mediante resguardos fijos o móviles.
- Comprobar que las protecciones se encuentran en buen estado y en su sitio cuando se usa la herramienta.
- Siempre utilizar cable ponchado con terminales al momento de realizar las conexiones para la alimentación eléctrica del módulo didáctico.

4.2.1.2 *Indicaciones mecánicas.*

- Comprobar que todos los componentes se encuentren fijos a la estructura del módulo didáctico.
- Respete las protecciones de los componentes rodantes.

4.2.1.3 *Indicaciones eléctricas.*

- Las electroválvulas neumáticas, los motores, las luces pilotos funcionan a 110VAC o 220 VAC.
- Los sensores y los pulsadores funcionan a con 24 VDC, se utiliza la fuente que entrega el PLC.
- El PLC S 7-1200se conecta directamente a la fuente de alimentación de 110 VAC.
- Se puede utilizar la fuente de salida del PLC de 24 VDC para alimentar sensores.

4.2.1.4 *Indicaciones neumáticas*

- No se debe superar la presión máxima admisible de 8bares, considerando que usamos en el módulo didáctico la presión de trabajo de 6 bares, el mismo que es regulado en el FRL.
- Por seguridad siempre hay que conectar los ductos neumáticos en los racores de los cilindros.
- Siempre desconectar los ductos de aire sin alimentación neumática para evitar accidentes de los operadores.

4.2.2 Descripción del proceso. El proceso inicia con un pulso en el pulsador ON y se comienzan a mover las bandas transportadoras controladas con el PLC, el cual después de un cierto tiempo pasa por un sensor de proximidad después de unos segundos detiene la banda transportadora # 1 y activa la salida Q3.

Con la baldosa detenida se activa la salida **Q₃** el cual corresponde a la válvula electroneumática 5/3 biestable el cual cambia de posición y da paso al fluido para que baje el actuador un tiempo de 2 segundos y luego se activa la salida **Q₄**.

Activada la salida **Q₄** la válvula unidireccional permite el paso de fluido al generado de vacío y se genera una presión negativa, el succiona la baldosa. Una vez succionada la baldosa el PLC activa la salida **Q₅**, el cual cambia de posición a la válvula electroneumática 5/3 biestable el cual cambia de posición y cierra el paso del fluido para que suba el vástago del cilindro de doble efecto un tiempo de 2 segundos.

Ubicado el vástago en la parte superior del brazo, el PLC activa la salida **Q₆** el cual activa la válvula electroneumática 5/2 y está cambia de posición y permite el paso del fluido, para que salga el vástago del cilindro y gire el rodamiento que a su vez gira el brazo 90° en 2 segundos.

Transcurrido el tiempo el PLC nuevamente activa la salida **Q₃**, el cual baja el vástago en 2 segundos y transcurrido ese lapso de tiempo, el PLC quita la señal **Q₄** y finalmente se deposita la baldosa en el cartón. Al depositar la baldosa en el cartón se activa la salida **Q₅** y la válvula nuevamente cambia de posición y el vástago retorna a la parte superior del brazo en 2 segundos.

Trascurrido el lapso de tiempo el PLC activa la salida **Q₇**, el cual cambia de posición a la electroválvula y se regresa los 90°. Al regresar el brazo neumático a la posición original se comienza nuevamente el ciclo anterior comenzado activando la banda transportadora #1, después de empacar tres baldosas se reinicia el contador y nuevamente regresa al inicio del proceso, el módulo didáctico consta de un pulsador de emergencia el cual se utilizará cuando sea necesario y un pulsador para el STOP, que su función es de terminar completamente el proceso.

4.2.3 Asignación de entradas y salidas. Las entradas I funcionan a 24VDC y las salidas Q funcionan a 110VAC, las conexiones están realizadas con cables rojo y negro con terminales ponchados.

Tabla 12. Asignación de variables
ASIGNACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS

Entradas/salidas	Dirección física	Nombre	Descripción
Entrada	I ₀	START	Es el pulsador del inicio del proceso
Entrada	I ₂	S ₂	Sensor de proximidad 2
Entrada	I ₃	S ₃	Sensor de proximidad 3
Entrada	I ₆	OFF	Pulsador de apagado
Entrada	I ₇	PARO DE EMERGENCIA	Pulsador de paro total del proceso
Salida	Q ₀	M ₁	Motor 1
Salida	Q ₁	M ₂	Motor 2
Salida	Q ₃	BAJADA	Acciona la electroválvula 5/3 y baja el vástago del cilindro 1
Salida	Q ₄	VENTOSA	Acciona la válvula unidireccional para generar vacío
Salida	Q ₅	SUBIDA	Acciona la electro válvula 5/3 y sube el vástago del cilindro 1
Salida	Q ₆	GIRO 1	Acciona la electroválvula 5/2 y el vástago gira el brazo 90
Salida	Q ₇	GIRO	Acciona la electroválvula 5/2 y regresa el brazo neumático 90

Fuente: Autores

Recomendaciones

- Utilizar baldosa de un tamaño inferior a 14.5cmx14.5cm por lo que la banda transportadora está diseñada para esas dimensiones.
- Los sensores van conectados a la fuente de 24VDC del PLC
- Los dispositivos como: motores, electroválvulas y ventosa van conectados a fuente de alimentación eléctrica de 110VAC.

4.3 Guía práctica de aplicación



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL

GUÍA DE LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS

PRÁCTICA No 1

**DESARROLLO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPACADO
DE BALDOSAS**

1. DATOS GENERALES:

NOMBRE: estudiante(s)

.....
.....

CODIGO(S): de estudiante(s)

.....
.....

GRUPO No.:

FECHA DE REALIZACIÓN:

2014-07-28

FECHA DE ENTREGA:

2014-09-21

2. OBJETIVO(S)

2.1 General

Desarrollar el proceso de empacado de baldosas

2.2 Específicos

- Reconocer los elementos que forman el módulo didáctico.
- Conocer el principio de funcionamiento de las partes del módulo didáctico.
- Utilizar las recomendaciones básicas de seguridad para la utilización del módulo didáctico.
- Realizar la programación en el PLC
- Realizar la interfaz programa-PLC

3. METODOLOGÍA

- Inspeccionar todas las conexiones eléctricas y neumáticas.
- Inspeccionar que todas las conexiones eléctricas estén debidamente aisladas.
- Trabajar a 6 bares de presión.
- Energizar el módulo didáctico luego de haber dejado en perfectas condiciones para su funcionamiento.
- Verificar el estado del PLC.
- Trabajar a 110 VAC.
- Utilizar cables con terminales para realizar las conexiones eléctricas.
- Leer el manual de operación para más información.
- Realizar la interfaz programa-PLC.

Variables a utilizar

Conforme a la programación realizada en el PLC (controlador lógico programable) se realiza la asignación de entradas y salidas conforme a la siguiente tabla.

Tabla 13. Asignación de entradas y salidas

Asignación de entradas y salidas			
Entradas/salidas	Dirección física	Nombre	Descripción
Entrada	I₀	START	Es el pulsador del inicio del proceso
Entrada	I₂	S ₂	Sensor de proximidad 2
Entrada	I₃	S ₃	Sensor de proximidad 3
Entrada	I₆	OFF	Pulsador de apagado
Entrada	I₇	PARO DE EMERGENCIA	Pulsador de paro total del proceso
Salida	Q₀	M ₁	Motor 1
Salida	Q₁	M ₂	Motor 2
Salida	Q₃	BAJADA	Acciona la electroválvula 5/3 y baja el vástago del cilindro 1
Salida	Q₄	VENTOSA	Acciona la válvula unidireccional para generar vacío
Salida	Q₅	SUBIDA	Acciona la electro válvula 5/3 y sube el vástago del cilindro 1
Salida	Q₆	GIRO 1	Acciona la electroválvula 5/2 y el vasto gira el brazo 90
Salida	Q₇	GIRO	Acciona la electroválvula 5/2 y regresa el brazo neumático 90

Fuente: Autores

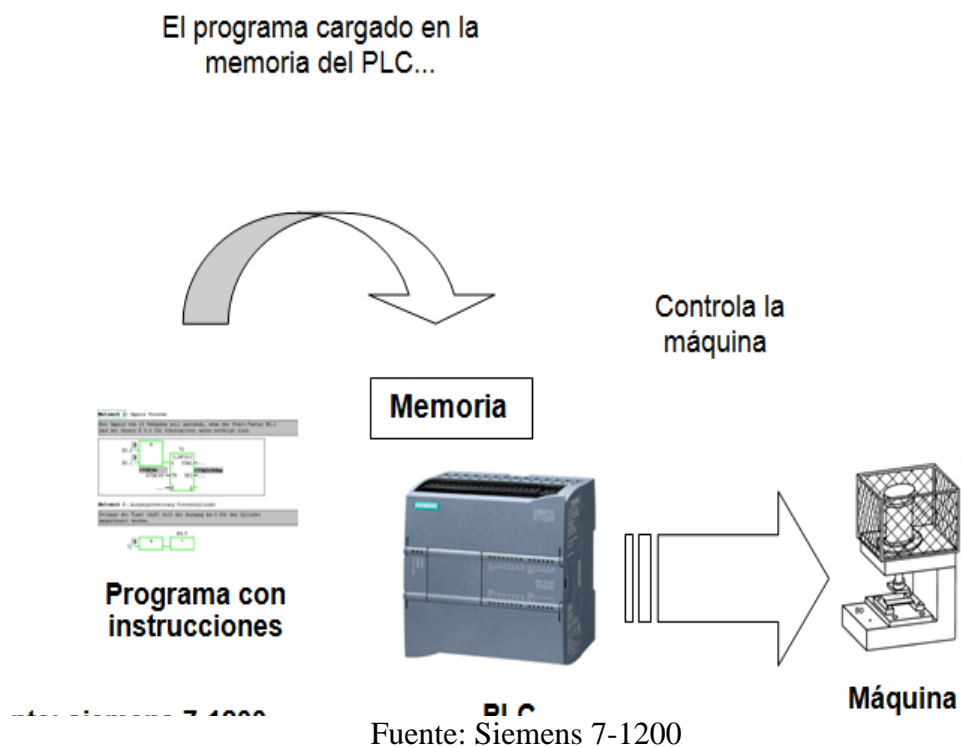
4. EQUIPOS Y MATERIALES:

- Baldosas de 14.5cmx14.5cm.
- Módulo Didáctico.
- PLC S 7-1200 1214 AC/DC/RLY.
- Cable Ethernet.
- Conectores ponchados.
- Recipientes.
- Aire comprimido.
- Computador.
- Software TIA Portal V11.
- Voltaje 110VAC o 220VAC.

5. MARCO TEÓRICO:

El PLC es un mecanismo de memoria especialmente diseñado para la automatización de control de procesos en la industria, el PLC es un dispositivo electrónico el cual está conformado con una memoria interna programable, y está el cual es usado para el almacenamiento de funciones específicas tales como: lógicas, contadoras. Los PLC están disponibles en todos los tamaños y formas en el mercado dependiendo de la aplicación que tengan, las restricciones físicas y los ambientes que sean instalados.

Figura 92. Estructura PLC-máquina



6. PROCEDIMIENTO:

- Revisar el manual de operación.
- Analizar el diagrama de procesos para establecer el diagrama de movimientos para los cilindros y el generador de vacío. **Ver Anexo A y D.**
- Se procede a inspeccionar las conexiones eléctricas, neumáticas.
- Desarrollar la programación e interfaz del PLC S 7-1200 1214 AC/DC/RLY con el software TIA portal V11
- Se procede a ubicar las baldosas y los recipientes en las bandas transportadoras.

- Se procede a realizar las conexiones en el PLC.
- Se procede a energizar el módulo didáctico.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los elementos que conforman el módulo didáctico son: motor jaula de ardilla, reductor sin fin corona 50:1, cilindros neumáticos de doble efecto, electroválvulas 5/3 y 5/2, sensores de proximidad, ventosa, generador de vacío.
- La ventosa funciona con el principio Venturi, que es el de presiones negativas, que es realizado por el generador de vacío.
- Siempre trabajar con normas de seguridad para evitar accidentes.
- Siempre comprobar las conexiones neumáticas antes de conectar fluido.

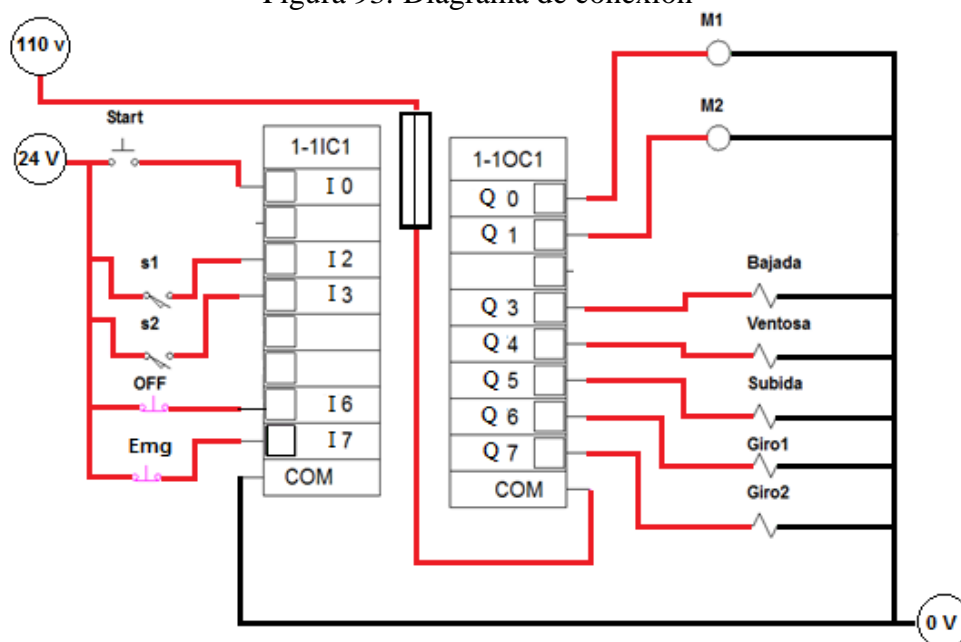
8. BIBLIOGRAFÍA:

FESTO PNEUMATIC, *Automatización*. 2009. *Catálogo FESTO PNEUMATIC*. 2009.

MORÁN, Iván. 2008. *Apuntes de Sistemas Neumáticos*. Riobamba : FACULTAD DE MECÁNICA, 2008.

ANEXOS

Figura 93. Diagrama de conexión



Fuente: Autores

4.4 Manual de mantenimiento.

4.4.1 Justificación. El manual de mantenimiento ayuda a mantener en continuo funcionamiento el módulo didáctico mediante la prevención y eliminación de algún desperfecto que presente. Un manual de mantenimiento es indispensable para evitar paros imprevistos debido a un daño parcial o completo, con el cual es posible anticipar y planificar con precisión sus requerimientos reduciendo los inventarios de refacciones.

4.4.2 Objetivos

Objetivo general

Realizar el manual de mantenimiento preventivo y correctivo para el módulo didáctico de empackado de baldosas.

Objetivos específicos

- Realizar la Hoja de datos técnicos
- Determinar la periodicidad con la cual se realiza las operaciones de mantenimiento

4.4.3 Introducción. El mantenimiento va a la par del crecimiento tecnológico, por lo que es necesario prepararnos con técnicas específicas, así como con los procesos que nos ayudan a ejecutar y evaluar el mantenimiento más apropiado.

Podemos concluir que al realizar este trabajo formalizamos la programación de mantenimiento con la realización de fichas técnicas más apropiadas según sea la necesidad.

4.4.4 Partes de la empacadora de baldosas

Parte mecánica. Está conformada por dos motores jaula de ardilla, chumaceras, bandas transportadoras. Son los dispositivos los que conforman la parte mecánica.

Parte Neumática. Está conformado por válvulas electroneumáticas, cilindros de doble efecto, manguera, FRL, ventosa, generador de vacío. Son los dispositivos que conforman la parte neumática.



Parte eléctrica y electrónica. Conformada por guardamotores, portafusibles, relés encapsulados, sensores de proximidad, PLC. Dispositivos que conforman las partes de control del módulo didáctico.

4.4.5 Elaboración de fichas técnicas. Se tiene que elaborar un ficha técnica con las características que tiene el módulo didáctico de empacado de baldosas considerando los siguientes parámetros.

4.4.5.1 Ficha técnica. Los Parámetros que debe tener la ficha técnica del equipo son:

- Datos generales
- Especificaciones principales
- Valores de referencia (consumo de energía, temperatura de funcionamiento).

Tabla 14. Ficha técnica

	Ficha de datos y características		
Características generales:			
Longitud de la banda transportadora 1		100cm	
Longitud de la banda transportadora 2		120cm	
Altura de la estructura		90cm	
Velocidad lineal de bandas transportadoras		6cm/s	
Motores			
Marca: WEG		# de serie:3546754	
Fecha de adquisición: 2014/02/18		Fabricante: WEG EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS S.A.	
RPM: 1730		Voltaje: 110v o 220v	Potencia: 1/4HP
Rendimiento: 80%		Amperaje: 5A o 2.5A	Monofásico ~
TIPO DE MOTOR			
Corriente continua: _____		Jaula de ardilla:	_____X_____

Fuente: Autores

4.4.6 *Mantenimiento a realizar.*

4.4.6.1 *Mantenimiento eléctrico.*

- Inspección del anclaje y la carcasa del motor.
- Inspección de los relés encapsulados, porta fusibles, guardamotores.
- Inspeccionar el motor y el circuito eléctrico.
- Cambio de rodamientos del motor.
- Inspección del PLC S 7-1200.

Tabla 15. Frecuencia de mantenimiento

Tarea	Frecuencia
Inspección del anclaje y la carcasa del motor	300 horas

Fuente: www.WEQ.net

Procedimiento

- Desconectar la alimentación del módulo didáctico.
- Inspeccionar pernos de sujeción de la carcasa del motor.
- Inspeccionar los pernos de anclaje del motor en la estructura.

Herramientas y materiales

- Herramientas.
- Llave inglesa.
- Nivel.
- Destornillador plano y estrella.
- Llave # 10,12y 14.

Materiales

- Guaipe.
- Pernos
- Tuercas

- Arandelas de presión.

Observaciones de seguridad

- Utilizar guantes.
- Utilizar gafas.
- Utilizar mandil.

Tabla 16. Descripción de tareas

Tarea	Frecuencia
Inspección de los relés encapsulados, porta fusibles, guardamotores.	300 horas

Fuente: Autores

Procedimiento

- Quitar la alimentación eléctrica del módulo didáctico.
- Revisar los contactos de los relés, porta fusibles, guardamotores.
- Limpiar.
- Probar si existe continuidad en los elementos de mando.
- Aislar completamente las conexiones con silicón.

Herramientas y materiales

- Destornillador plano y estrella.
- Llave # 10,12y 14.
- Alicata.
- Multímetro.
- Brocha.
- Materiales.
- Guaípe.
- Silicón.
- Cable # 14, 16.
- Fusibles de 10A y 2A.

Observaciones de seguridad

- Desconectar la alimentación eléctrica del equipo.
- Utilizar guantes.

Tabla 17. Frecuencia de inspección

Tarea	Frecuencia
Inspeccionar el motor y el circuito eléctrico.	300 horas

Fuente: Autores

Procedimiento

- Desconectar la alimentación del módulo didáctico.
- Quitar la tapa de la carcasa del motor.
- Limpiar.
- Inspeccionar el estado del eje.
- Inspeccionar los rodamientos.
- Ubicar la tapa de la carcasa del motor.
- Verificar las fases del motor.
- Inspeccionar el estado de los cables.

Herramientas y materiales

- Destornillador plano y estrella.
- Alicata.
- Multímetro.
- Brocha.
- Guaípe.
- Cable # 14.

Observaciones de seguridad

- Desconectar la alimentación eléctrica del equipo.

- Utilizar guantes y gafas.
- Conectar las fases en base al sentido de giro del motor.

Tabla 18. Descripción de tarea

Tarea	Frecuencia
Cambio de rodamientos del motor.	3000 horas

Fuente: www.WEQ.net

Procedimiento

- Quitar la alimentación del módulo didáctico.
- Desatornillar los pernos de la base del motor.
- Quitar la carcasa del motor.
- Extraer los rodamientos y colocar los nuevos rodamientos.
- Ubicar la carcasa del motor.
- Realizar las conexiones eléctricas al motor.
- Realizar las pruebas de funcionamiento.

Herramientas y materiales

- Destornillador plano y estrella.
- Martillo de goma.
- Multímetro.
- Brocha.
- Materiales.
- Guaípe.
- Lija # 450.
- Rodamientos SKF.

Observaciones de seguridad

- Desconectar la alimentación eléctrica del equipo.
- Utilizar guantes y gafas.

- Alinear correctamente al eje.

Tabla 19. Mantenimiento de PLC

Tarea	Frecuencia
Inspección del PLC s 7-1200.	100 horas

Fuente: Autores

Procedimiento

- Quitar la alimentación eléctrica del módulo didáctico.
- Quitar las conexiones del PLC.
- Revisar las conexiones de las entradas y salidas.
- Verificar el estado del PLC.
- Limpiar el PLC.

Herramientas y materiales

- Destornillador plano y estrella.
- Multímetro.
- Brocha.
- Materiales.
- Guaípe.

Observaciones de seguridad

- Quitar la alimentación del equipo.
- Utilizar guantes y gafas.
- Evitar golpear el PLC.

4.4.6.2 Mantenimiento mecánico

- Inspeccionar chumaceras y rodamientos.
- Inspeccionar reductor sin-fin corona.
- Realizar el cambio de las chumaceras de las bandas transportadoras.

- Inspeccionar bandas y poleas.
- Inspeccionar bandas transportadoras y rodillos.

Tabla 20. Inspección de chumacera

TAREA	FRECUENCIA
Inspeccionar chumaceras y rodamientos	Cada 100 horas

Fuente: SKF, 2008

Procedimiento

- Quitar la alimentación eléctrica y neumática del módulo didáctico.
- Desmontar los rodamientos y chumaceras de la estructura.
- Inspeccionar que estén libres de polvo y partículas.
- Limpiar.
- Engrasar rodamientos y chumaceras.
- Montar los rodamientos y chumaceras en la estructura.

Herramientas y materiales

- Llave inglesa.
- Llave # 12 y 11.
- Brocha.
- Materiales.
- Guaípe.
- Grasa LGMT 2.

Observaciones de seguridad

- Utilizar guantes y gafas.
- Utilizar mandil.

Tabla 21. Mantenimiento de sin-fin corona

Tarea	Frecuencia
Lubricar reductor sin-fin corona	Cada 1000 horas

Fuente: Autores

Procedimiento

- Quitar los pernos de anclaje del reductor.
- Inspeccionar el nivel de aceite.
- Inspeccionar el estado de las poleas.
- Limpiar.

Herramientas y materiales

- Llave inglesa.
- Llave # 12 y 13.
- Brocha.
- Materiales.
- Guaípe.
- Grasa MOBIL GEAR 629.

Observaciones de seguridad

- Utilizar guantes, gafas y mandil.

Tabla 22. Cambio de chumacera

Tarea	Frecuencia
Realizar el cambio de las chumaceras de las bandas transportadoras	Cada 2000 horas

Fuente: SKF, 2008

Procedimiento

- Revisar el aumento de temperatura en la superficie de la chumacera y escuchar un zumbido lo que nos indica que hay que hacer el cambio de chumacera.
- Quitar los pernos de anclaje de las chumaceras de la estructura.
- Cambiar las chumaceras.
- Ubicar las chumaceras en la estructura y alinearlas.
- Inspeccionar que estén libres de polvo y partículas.
- Engrasar las chumaceras.

Herramientas y materiales

- Llave inglesa.
- Llave # 12 y 11.
- Brocha y guipe.
- Grasa LGMT 2.

Observaciones de seguridad

- Utilizar guantes y gafas.
- Utilizar mandil.

Tabla 23. Inspección de poleas y bandas

Tarea	Frecuencia
Inspeccionar bandas y poleas	Cada semana

Fuente: Autores

Procedimiento

- Verificar la alineación de las poleas.
- Remover la suciedad presente en las bandas y poleas.
- Alinear las poleas.
- Comprobar que las poleas estén con sus respectivos prisioneros.
- Siempre que se presente desgaste y deformación se tiene que cambiar bandas y poleas.

Herramientas y materiales

- Llave hexagonal # 7.
- Brocha.
- Guaípe.
- Prisioneros.
- Poleas y bandas tipo A.

Observaciones de seguridad

- Utilizar guantes, gafas y mandil.

Tabla 24. Inspección de bandas transportadoras

Tarea	Frecuencia
Inspeccionar bandas transportadoras y rodillos	Cada 100 horas

Fuente: Autores

Procedimiento

- Desmontar las bandas transportadoras con los rodillos de las chumaceras.
- Verificar la unión entre los extremos de la banda transportadoras.
- Limpiar los rodillos y las bandas transportadoras.
- Ubicar las bandas transportadoras en los rodillos y montarlas en las chumaceras.
- Alinear las bandas transportadoras.
- Tensar las bandas transportadoras.

Herramientas y materiales

- Llave inglesa
- Nivel
- Llave # 12 y 11
- Brocha
- Guaípe, agua y jabón.

Observaciones de seguridad

- Utilizar guantes y gafas.
- Utilizar mandil y mascarilla.

4.4.6.3 Mantenimiento neumático.

- Drenar el FRL.

- Inspeccionar los cilindros de doble efecto.
- Inspeccionar la ventosa.
- Inspeccionar las electroválvulas.

Tabla 25. Mantenimiento FRL

Tarea	Frecuencia
Drenar el FRL	Cada 100 horas

Fuente: Autores

Procedimiento

- Controlar fugas.
- Verificar de forma visual la contaminación ambiental.
- Desenroscar la perilla de drenaje y verificar que se evacue todo.
- Ubicar la perilla de drenaje, inspeccionar los racores y limpiar.

Observaciones de seguridad

- Quitar la alimentación neumática.
- Utilizar guantes.
- Gafas.
- Utilizar mandil.

Tabla 26. Frecuencia de inspección de ventosa

Tarea	Frecuencia
Inspeccionar la ventosa	Cada 100 horas

Fuente: FESTO PNEUMATIC, 2009

Procedimiento

- Desmontar la ventosa del generador de vacío.
- Inspeccionar que el filtro del aire con tenga partículas sólidas.
- Comprobar el funcionamiento del generador de vacío.
- Limpiar.

Observaciones de seguridad

- Quitar la alimentación neumática.
- Utilizar guantes, gafas y mandil.

Tabla 27. Inspección de electroválvulas

Tarea	Frecuencia
Inspeccionar electroválvulas	Cada 300 horas

Fuente: FESTO PNEUMATIC

Procedimiento

- Quitar la alimentación neumática.
- Desinstalar las electroválvulas y verificar continuidad.
- Limpiar.

Herramientas y materiales

- Destornillador plano y estrella.
- Multímetro.
- Brocha.

Observaciones de seguridad

- Quitar la alimentación neumática, utilizar guantes y gafas.

Tiempo de vida útil de los accesorios del módulo didáctico

Tabla 28. Tiempo de vida útil

Elementos	Tiempo (h)
Cojinetes	1000
Bandas de transmisión	520
poleas	600
Reductor de velocidades	3000
Bandas transportadoras	2000
Ventosa	1500
Electroválvulas	2000
Unidad de Mantenimiento	3000

Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. COSTOS

5.1 Costos directos

Se toma en cuenta lo que son: materiales, mano de obra, maquinaria y equipos.

5.1.1 Costos mecánicos

Tabla 29. Costos mecánicos

N	Descripción	Unidad	Precio (dólares)
1	Tubos cuadrado de 1*1/2 pulgadas*2mm	5	80
2	Tubo el redondo	1	14,5
3	Chumaceras de pie	4	24
4	Acero para eje	1.5m	12
5	Pernos de 7/16x3in	16	21,6
6	Chumaceras	4	24
7	Motor monofásico de ¼ hp + caja reductora 50: 1	2	365,7
8	Poleas de 3in de diámetro	4	15,64
9	Tubo cuadrado de 1x1/2x2mm	1	23
10	Bandas tipo a	2	7,5
11	Pernos de 7/16 in	6	6,5
12	Pernos de 1/8 x in	12	2,4
13	Pernos para sujeción del motor y reductor.	16	5,6
14	Machuelo	1	3
15	Tornillos y arandelas	2	2
16	Pintura	3litros	15
17	Lijas	4	2
18	Tinner	1 litro	2
31	Tarros de pintura	2 litros	15
32	Lijas	4	1
33	Masqui	1	2
34	Removedor de pintura	½ litro	5
Total			940.16

Fuente: Autores

5.1.2 Costos neumáticos

Tabla 30. Costos neumáticos

N	Descripción	Unidad	Total
1	Cilindros de doble efecto	4	200
2	Generador de vacío	1	60
3	Ventosa	2	70
4	Unidad de mantenimiento(FRL)	1	70
5	Válvulas electroneumáticas 5/3 biestable	1	125
6	Válvula electroneumática 5/2 monoestable	1	90
7	Válvula electroneumática 5/2 biestable	1	100
8	Electroválvula unidireccional	1	40
9	Records	21	5,40
10	Silenciadores	6	2,20
11	Válvula de paso	2	25
12	Manguera azul	5 metros	4
Total			791,60

Fuente: Autores

5.1.3 Costos eléctricos

Tabla 31. Costos eléctricos

N	Descripción	Unidad	Total (dólares)
1	canaleta	1	7
2	Terminales redondos	15	1,5
3	Jag banana macho	68	18,70
4	Jag banana hembra	68	18,70
5	Sensores capacitivos de proximidad	2	40
6	Guarda motor	2	80
7	Relé encapsulados	4	35
8	Cable # 14	5metros	6
9	Cable # 16	5metros	5
10	Porta fusible	2	20
11	Fusibles	4	2
12	Pernos de 1/8x 1in	6	3,4
13	Luz piloto	3	5
14	Pulsadores	3	5
15	PLC	1	640
Total			957,40

Fuente: Autores

5.1.4 Costos por maquinaria y transporte

Tabla 32. Costos de maquinaria

N	Descripción	Total (dólares)
1	Soldadora	30
2	Amoladora	5
3	Taladro	5
4	Torno	10
Total		50

Fuente: Autores

Tabla 33. Costos de transporte de material

N	Descripción	Total (dólares)
1	Material al taller	30
Total		30

Fuente: Autores

5.1.5 Costos directos totales.

Tabla 34. Costos totales

N	Descripción	Total (dólares)
1	Costos mecánicos	940,16
2	Costos neumáticos	791,60
3	Costos eléctricos	957,40
4	Costos de maquinaria	50
5	Costos de transporte	30
Total		2749,06

Fuente: Autores

5.2 Costos indirectos

Tabla 35. Costos indirectos

N	Descripción	Total (dólares)
1	Imprevistos	350
Total		350

Fuente: Autores

5.3 Costos totales

Tabla 36. Costos totales

N	Descripción	Total (dólares)
1	Costos directos totales	2749,06
2	Costos indirectos totales	350
Total		3099,75

Fuente: Autores

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se desarrolló la selección de los distintos elementos y dispositivos mecánicos, neumáticos y eléctricos en función de: Condiciones físicas, características técnicas, parámetros de seguridad, costos, con el fin de alargar su tiempo de operación y controlar el módulo didáctico de forma sencilla.

Se realizó el control de los dispositivos eléctricos mediante la programación tipo LADDER y la interfaz mediante un computador y un cable Ethernet, los cuales sirven de enlace entre el software y el PLC.

Se obtuvo el funcionamiento y control del proceso de empacado de baldosas en base a la programación realizada en el PLC S7 1200.

Se elaboró un manual de operación, en el cual se indica los parámetros técnicos, las normas básicas de seguridad para la correcta operación del módulo didáctico

Se instaló el módulo didáctico para el equipamiento del laboratorio de automatización de procesos, el cual aportará con la formación profesional de los estudiantes.

6.2 Recomendaciones

Antes de empezar a utilizar el módulo didáctico se debe realizar una inducción por el docente, para lograr el correcto funcionamiento.

Revisar el manual de operación el cual contiene los diagramas de conexión que se deben emplear tanto para los motores, como entradas (I) y salidas (Q) del PLC para evitar daños de los equipos.

Utilizar el manual de mantenimiento para evitar el deterioro temprano de los componentes del módulo didáctico

Evitar la manipulación de los objetos (baldosas y recipientes) al momento que el brazo neumático este trabajando ya que genera un riesgo de impacto y alteraría el proceso.

BIBLIOGRAFÍA

FESTO PNEUMATIC.2005. *Catálogo FESTO PNEUMATIC.* 2005.

KAUMAN. 2008.*Manual de Bandas Transportadoras y Accesorios.* Madrid : s.n., 2008.

MORÁN, Iván. 2008.*Apuntes de Sistemas Neumáticos.* Riobamba : FACULTAD DE MECÁNICA, 2008.

SALINAS PINEDA, Edmundo. 2011. *FLUIDOS CALOR ONDAS Y SONIDO.* Loja : s.n., 2011.

SKF. 2008.*Catalólo General de Selección de Rodamientos y Chumaceras.* 2003.

WEQ. 2013. *Maniobra y protección de Motores Eléctricos.* [En línea] 2013. [Citado el: 13 de abril de 2014.] www.weg.net.

Wikipedia. 2011. *Importancia de la automatización.* [En línea] 2011. [Citado el: 12 de 03 de 2014.] http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/automat_tiempos_de_crisis10-9.pdf.

Wilipedia. 2009. *Motor eléctrico.* [En línea] 2009. [Citado el: 10 de 03 de 2014.] <http://experimento.wikispaces.com/file/view/motor.jpg/30208559/motor.jpg>.